PAVIMENTOS

- UNIDAD 1

Pavimentos, constitución y conceptos generales – Diseño y Control

PAVIMENTOS

- UNIDAD 1

Pavimentos, constitución y conceptos generales – Diseño y Control

- Objetivo:

Que el estudiante conozca aspectos básicos sobre tipos de pavimentos, variables de diseño, diseño, mejoramiento de subrasante, materiales y mezclas asfálticas

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- Definiciones de suelo y roca según la ASTM (American Society for Testing Materials)
- Suelo:

  Sedimentos u otras acumulaciones de partículas sólidas producidas por desintegración física y química de las rocas, con o sin materia orgánica
- Roca:

  Materia sólida mineral que se presenta en grandes masas o fragmentos

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- Definiciones de suelo y roca según la ASTM (Terzaghi)
- Suelo:

  Es todo agregado natural de partículas minerales separables por medios mecánicos de poca intensidad, como la agitación en agua
- Roca:

  Es un agregado de minerales unidos por fuerzas cohesivas, poderosas y permanentes

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- SUELOS
- Los suelos provienen de las rocas. Su formación se da a través de un proceso de transformación del material, llamado meteorización, en el cual la roca es atacada por mecanismos de desintegración y descomposición que se atribuye a:

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- Desintegración de las rocas

1. El agua

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- Desintegración de las rocas

1. El agua
2. La vegetación

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- Desintegración de las rocas

1. El agua
2. La vegetación
3. Vida animal

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- Desintegración de las rocas

1. El agua
2. La vegetación
3. Vida animal
4. Variables climáticas (humedad, precipitaciones, temperatura)

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- Desintegración de las rocas

1. El agua
2. La vegetación
3. Vida animal
4. Variables climáticas (humedad, precipitaciones, temperatura)
5. Al tiempo

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Formación de los suelos**

1. **Desintegración mecánica:** separación de sus elementos constitutivos de la roca sin alterar sus minerales constitutivos

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Formación de los suelos**

2. **Descomposición química:** debilitamiento de la roca por exposición de la roca a agentes químicos, principalmente el agua

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Formación de los suelos**

El agrietamiento de una roca por algún agente físico, facilita los procesos de descomposición química, pues mayores áreas se exponen a la acción de los agentes químicos, principalmente el agua



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Formación de los suelos**

De la misma manera, la descomposición química puede debilitar la roca, haciéndola más susceptible a la acción de los agentes de desintegración mecánica

PROCESO DE FORMACIÓN DEL SUELO

ROCA MADRE SUELO JOVEN SUELO MADURO

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Clasificación de los suelos**

Según el proceso de formación, el suelo puede ser:

1. Sedimentario
2. Residual
3. Relleno artificial



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

1. **Sedimentario**

Las partículas se formaron en un lugar distante al que se encuentran y fueron transportadas y depositadas por efecto de:

Corrientes de agua

Hielo glaciar

Olas

Viento

Gravedad



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

1. **Sedimentario**

Aluviales: depositados por el arrastre de corrientes de agua

Glaciales: depositados por acción de los glaciares

Eólicos: depositados por acción del viento

Coluviales: depositados por acción de la gravedad



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

2. **Residual**

Son los formados en el sitio en el que se encuentran por efecto de:

El clima (temperatura y lluvia)

La naturaleza de la roca original (dureza)

Drenaje y la actividad bacteriana



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

3. **Relleno artificial**

Es creado por el hombre. Se denomina terraplén o relleno



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

3. **Relleno artificial**

El suelo se extrae por excavación o voladura de un determinado yacimiento cuyo material cumple con las especificaciones pre-establecidas



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

Clasificación de los suelos para propósitos viales

En la actualidad los sistemas más utilizados para la clasificación de suelos, en estudio de diseño de pavimentos para carreteras y aeropuertos son:

AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials – Asociación Americana de Carreteras Estatales y del Transporte)

SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

Granulometría: es la operación para determinar la distribución en peso de las partículas según su tamaño. Esta clasificación según el diámetro de la partícula es importante para suelos gruesos (arenas y gravas).



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

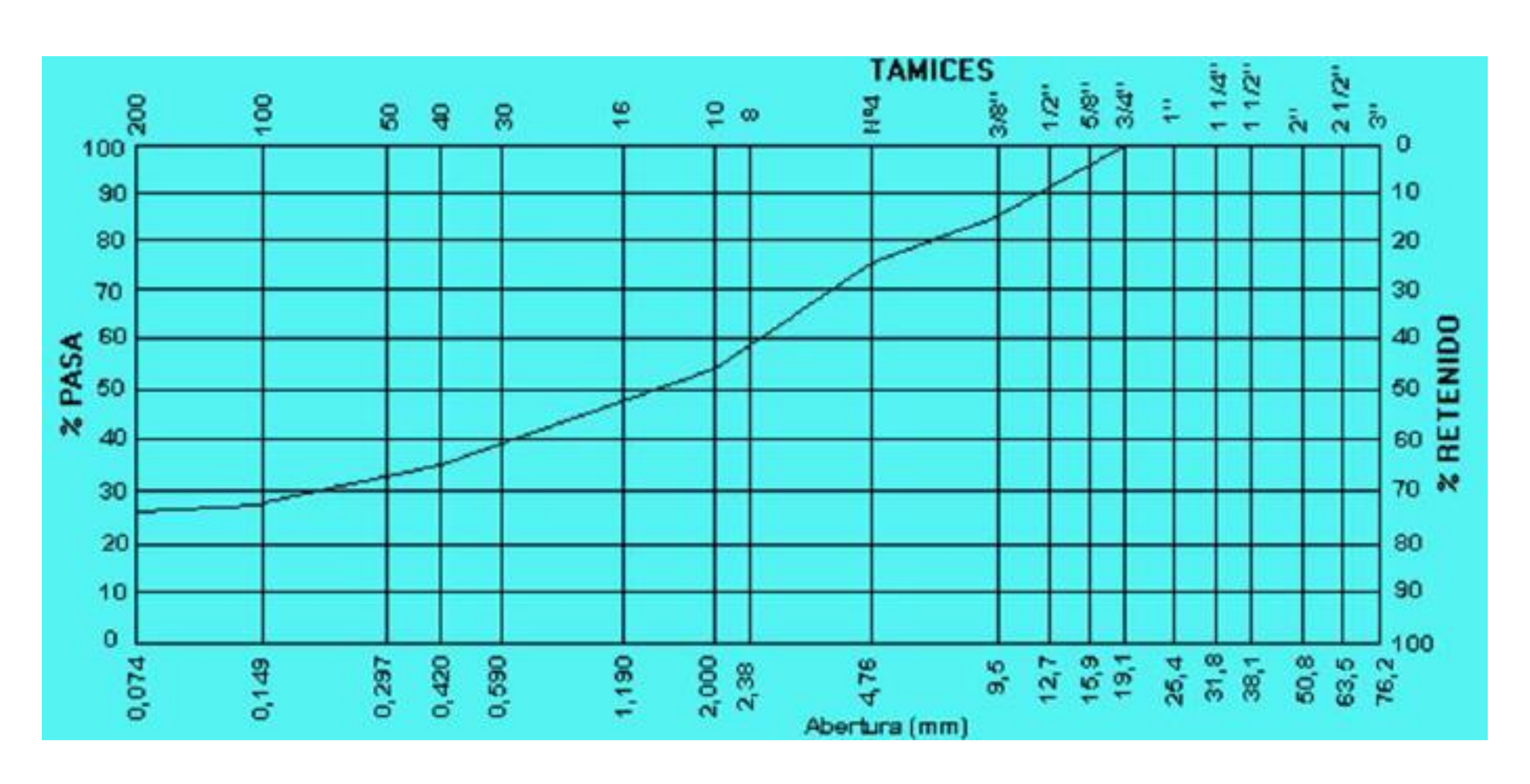
Serie Gruesa (ASTM)

Tamiz	4"	3"	1 1/2"	3/4"	3/8"	Pulgadas
Abertura	101.6	76.2	38.1	19.1	9.5	Milímetros

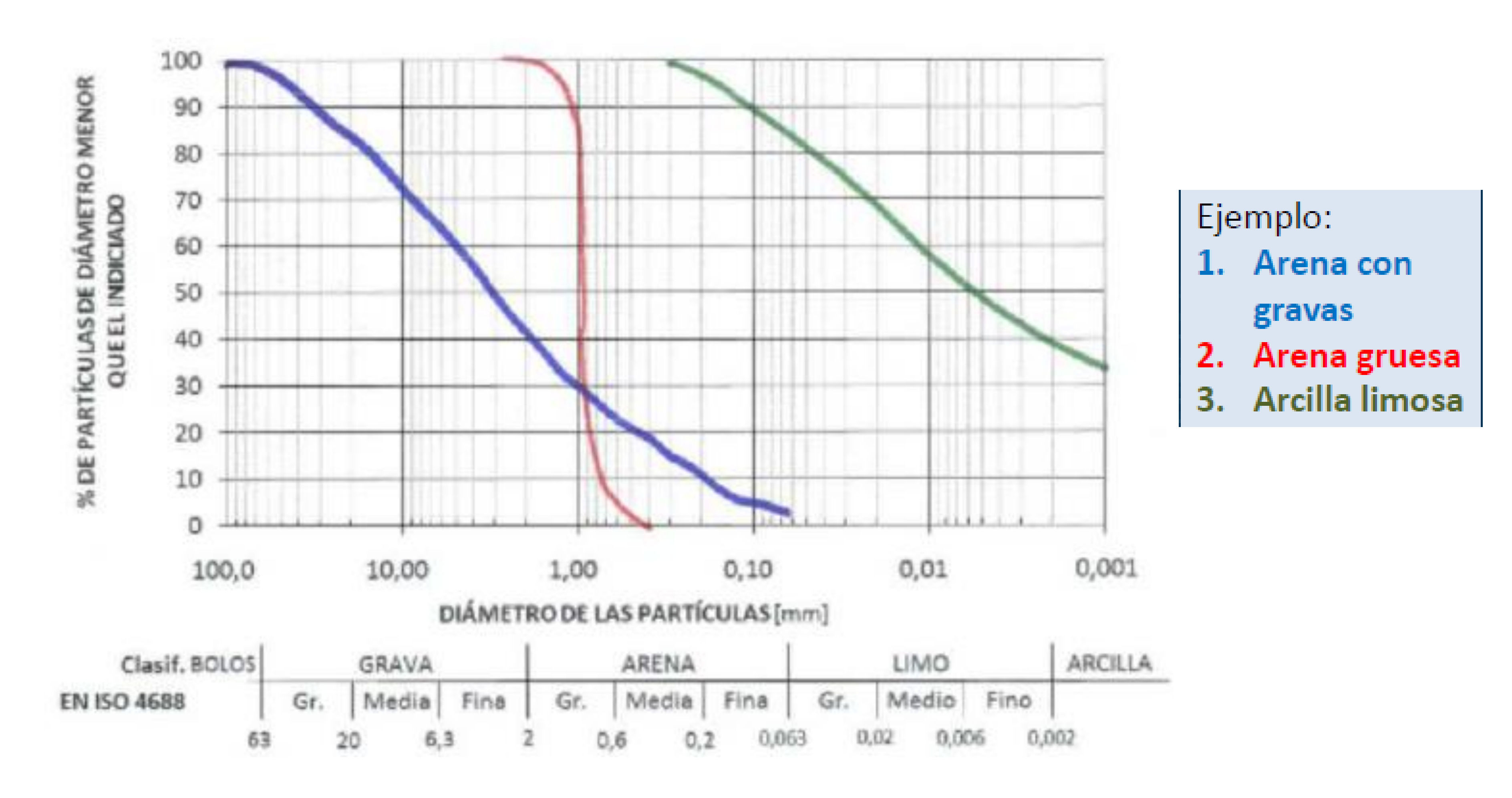
Serie Fina (ASTM)

Tamiz	#4	#10	#40	#100	#200	-
Abertura	4.76	2.0	0.42	0.149	0.074	Milímetros

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Propiedades de las curvas granulométricas:**

Dxx: Es el diámetro de la abertura del tamiz por el cual pasa el xx% del material. Ejemplo: D_{30} es el diámetro de la abertura del tamiz por el cual pasa el 30% del material.

Cu y Cc: son los coeficientes de uniformidad y curvatura que permiten conocer si el suelo está bien o mal graduado

$$c_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} D_{10}}$$

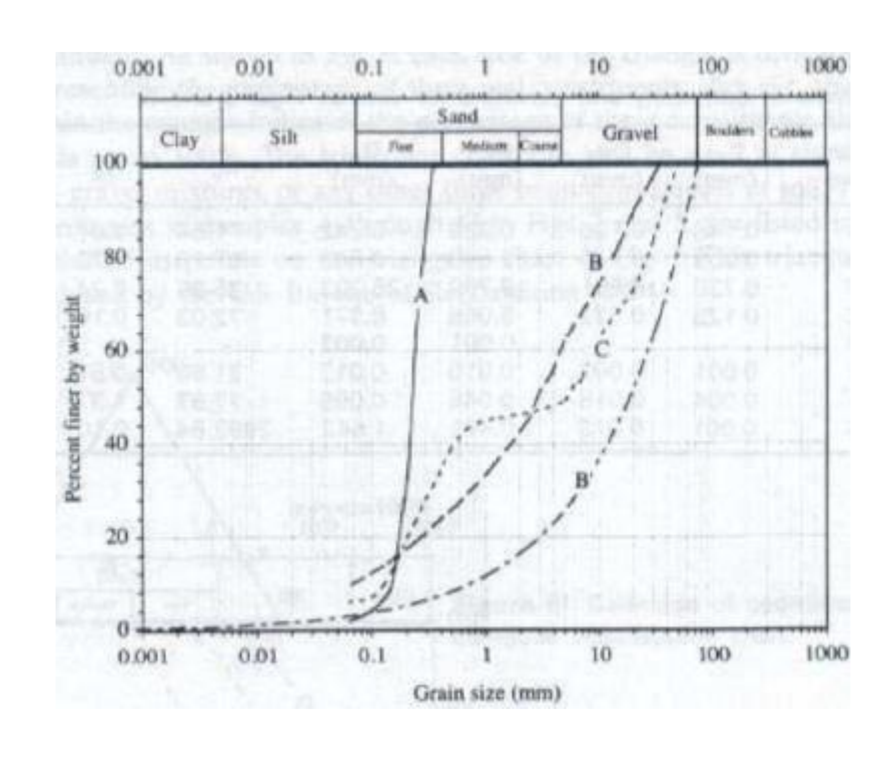
$$c_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Propiedades de las curvas granulométricas:**

Coeficiente de uniformidad (Cu): mide la condición de uniformidad o de distribución de tamaños. Si es bajo indica que la curva se extiende poco horizontalmente.

Coeficiente de curvatura (Cc): califica lo que sucede con los tamaños intermedios



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Propiedades de las curvas granulométricas:**

Coeficiente de uniformidad (Cu):

Cu < 5, suelo con granulometría muy uniforme (poca variedad de tamaños). Mientras más uniforme sea, más uniforme será el tamaño de los vacíos, por lo tanto será más difícil compactarlo.

5 < Cu < 20: suelo poco uniforme

Cu > 20: suelo bien graduado

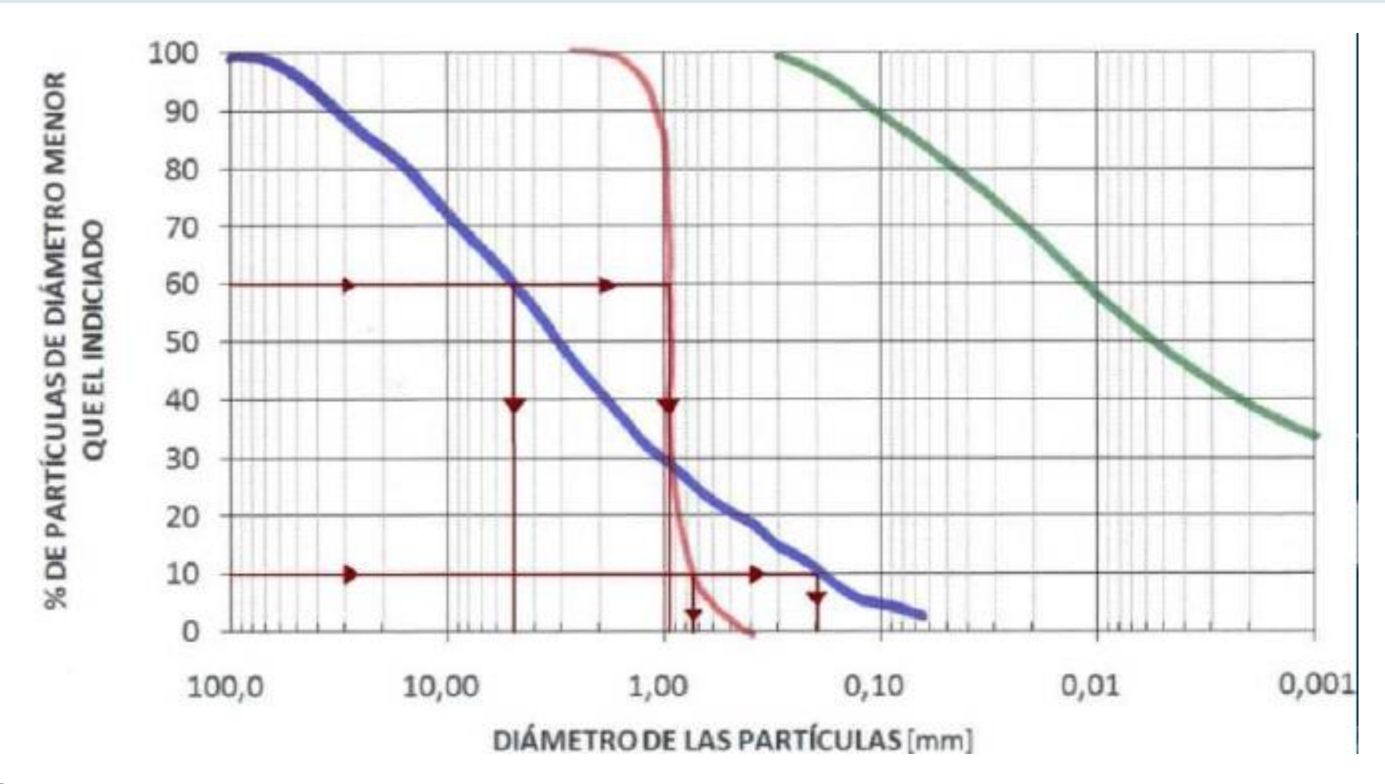
Coeficiente de curvatura (Cc):

1 < Cc < 5: Suelo bien graduado. Fuera de esto será considerado mal graduado

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Propiedades de las curvas granulométricas:**

1. Arena con gravas. Suelo bien graduado Cu = 25, Cc = 1 (con todos los tamaños intermedios).
2. Arena fina uniforme. Cu = 1.2 (casi todas las partículas iguales)
3. Arcilla limosa (bien graduada)



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Propiedades de las curvas granulométricas:**

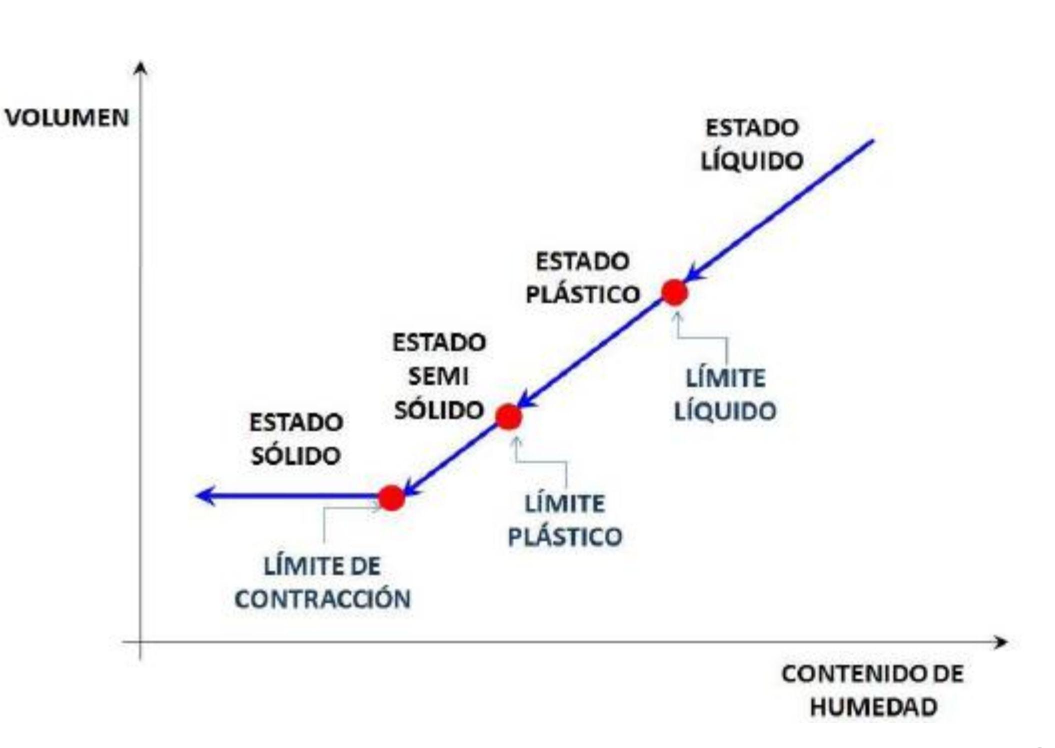


1. Bien graduado
2. Uniforme en la fracción gruesa de arenas
3. Uniforme en la fracción de arena fina
4. Con falta de tamaños intermedios (casi sin arena)

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

Límites de Atterberg: son contenidos de humedad típicos del suelo que fueron propuestos por el científico sueco A. Atterberg, quien se dedicaba a la agricultura. Propuso 5 límites, de los cuales 3 se utilizan para ingeniería

- Límite líquido
- Límite plástico
- Límite de contracción



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Límites Atterberg:**

Límite líquido: fácilmente deformable. Tiene una consistencia similar a la mantequilla suave. Humedad del suelo que hace que los bordes de la muestra tras 25 golpes en la copa de Casagrande



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Límites Atterberg:**

Límite plástico: se deforma sin romperse. Tiene una consistencia similar a la plastilina. Humedad del suelo que permite rodar cilindros de 3mm de diámetro sin que se desmoronen



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Límites Atterberg:**

Límite contracción: no recupera su forma inicial. Su consistencia es quebradiza



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Límites Atterberg:**

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Clasificación AASHTO:**

De acuerdo a este sistema, los suelos están clasificados en ocho grupos designados por los símbolos del A-1 al A-8.

- Siete grupos de suelos inorgánicos, A1 al A7. Estos a su vez se subdividen en 12 subgrupos.
- Suelos con elevada proporción de materia orgánica se clasifican como A8.

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Clasificación AASHTO:**

1. **A-1, A-2, A-3, Suelos Granulares.-** Máximo el 35% pasa por el tamiz # 200.
   - Grupo A-1.- Mezclas bien graduadas (fragmentos de piedra, grava, arena con o sin material ligante).
     - Subgrupo A-1a .- Piedra o grava, con o sin material ligante bien graduado.
     - Subgrupo A-1b .- Arena gruesa, con o sin material ligante.
   - Grupo A-2.- Variedad de material granular con menos de 35% de fino.
     - Subgrupo A-2-4 y A-2-5.- Material fino menor al 35% y cuya fracción que pasa por le tamiz # 40 es similar al grupo A-4 y A-5 respectivamente. Materiales de arenas gruesas y gravas , con contenido de limo mayor a los A-1 y arenas finas similar al A-3.
     - Subgrupo A-2-6 y A-2-7.- Semejantes a los anteriores, el pasante del tamiz # 40 es similar al grupo A-6 y A-7 respectivamente.
   - Grupo A-3.- Arenas finas de playa y aquellas con poca cantidad de limo que no tenga plasticidad, arenas de río con poca grava y arena gruesa.

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Clasificación AASHTO:**

2. A-4, A-5, A-6, A-7, Suelos finos limo arcillosos.- más del 35% pasa por el tamiz # 200.

- Grupo A-4.- Suelos limosos poco o nada plásticos, 75% o más pasante del tamiz # 200. Mezclas de limo-grava-arena hasta un 64%.
- Grupo A-5.- Semejantes al anterior, son elásticos y tienen un LL elevado.
- Grupo A-6.- Arcilla plástica, 75% o más pasa por el tamiz # 200, mezclas arcillo-arenosas cuyo porcentaje de arena sea inferior al 64%.
- Grupo A-7.- Similares a los A-6 pero son elásticos. De LL elevados.
  - Subgrupo A-7-5.- Materiales de Ip no muy altos respecto a sus LL.
  - Subgrupo A-7-6 .- Ip elevados respecto a sus LL, y experimenten cambios de volumen considerables.

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Clasificación AASHTO:**

Tabla 1.1 Clasificación de suelos por el método AASHTO

Clasificación general	Material granular (35%, o menos pasa el tamiz Nº 200)			Materiales limo- arcillosos (Más del 35% pasa el tamiz Nº 200)			
Grupos	A-1	A-3*	A-2	A-4	A-5	A-6	A-7
Porcentaje que pasa el tamiz: Nº 10 (2.00mm) Nº 40 (0.425mm) Nº 200 (0.075mm)	- 50 máx. 25 máx.	- 51 min. 10 min.	- - 35 máx.	- - 36 min.	- - 36 min.	- - 36 min.	- - 36 min.
Características del material que pasa el tamiz Nº 40 (0.425mm): Límite líquido Índice de plasticidad	- 6 máx.	- NP	- -	40 máx. 10 máx.	41 min. 10 máx.	40 máx. 11 min.	41 min. 11 min.

* La colocación de A-3 antes A-2 se hace únicamente por razones de ordenamiento de cantidades.

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Clasificación AASHTO:**

Tabla 1.2 Clasificación de suelos por el método AASHTO

Clasificación general	Material granular (35%, o menos pasa el tamiz Nº 200)							Materiales limo- arcillosos (Más del 35% pasa el tamiz Nº 200)			
Grupos	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Subgrupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Porcentaje que pasa el tamiz: Nº 10 (2.00mm) Nº40 (0.425mm) Nº 200 (0.075mm)	50 máx. 30 máx. 15 máx.	- 50 máx. 25 máx.	- 51 min 10 máx.	- - 35 máx.	- - 35 máx.	- - 35 máx.	- - 35 máx.	- - 36 min	- - 36 min	- - 36 min	
Características del material que pasa el tamiz Nº 40 (0.425mm): Límite líquido Índice de plasticidad	- 6 máx.		- NP	40 máx. 10 máx.	41 min 10 máx.	40 máx 11 min	41 min 11 min	40 máx. 10 máx.	41 min 10 máx.	40 máx. 11 min	41 min 11 min*
Terreno de fundación	Excelente a bueno		Excelente a bueno	Excelente a bueno				Regular a malo			

* El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5, es igual o menor a LL-30
El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6, es mayor que LL-30

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Clasificación AASHTO:**

Clasificación de suelos AASHTO – Índice de Grupo IG

Parámetro que permite clasificar a un suelo en un determinado grupo basado en:

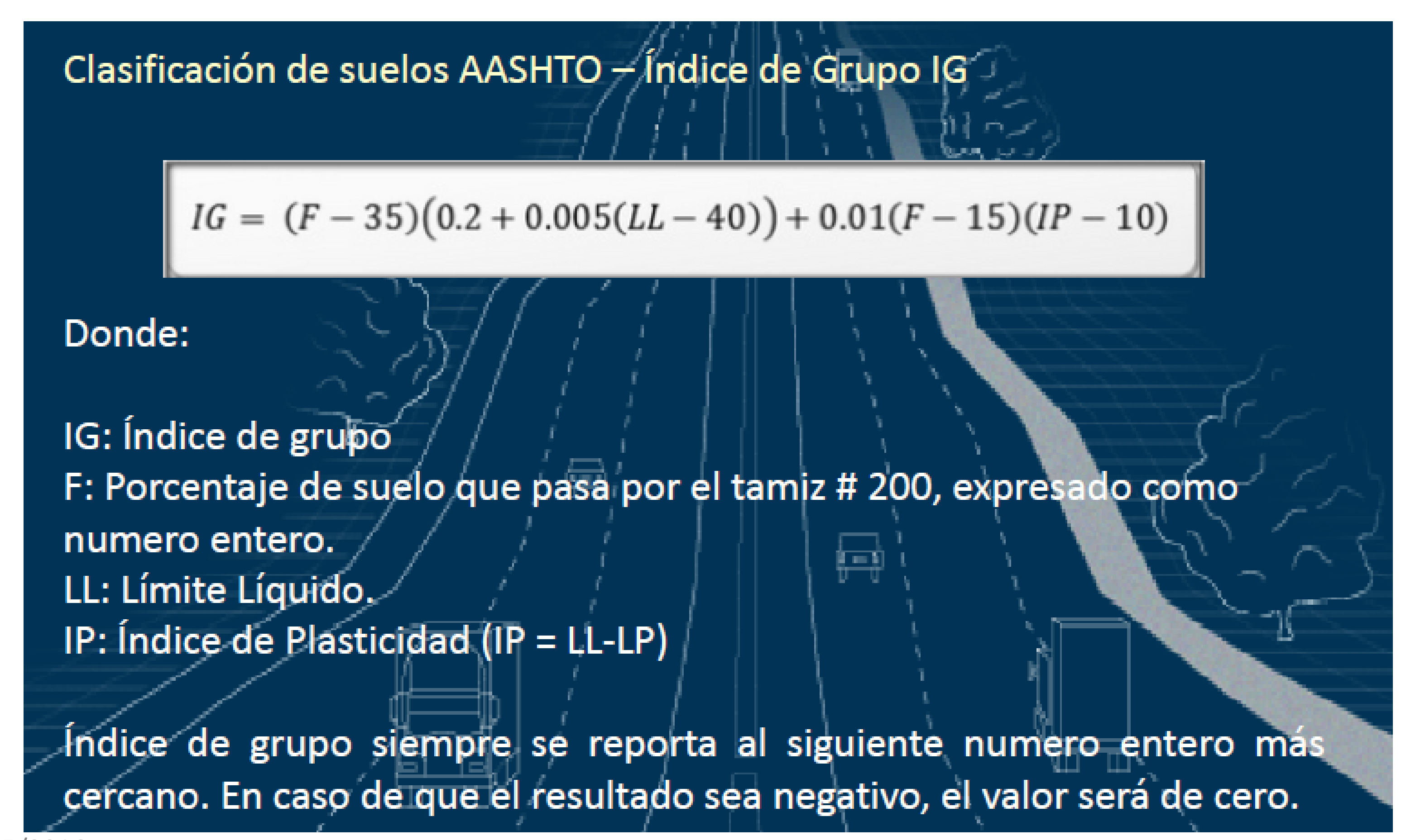
- Limite Líquido
- Limite Plástico
- Porcentaje de material fino pasante del tamiz # 200.

IG 0 a 4.- Suelos granulares.
IG 8 a 12.- Suelos limosos.
IG 11 a 20 o más.- Suelos arcillosos.

Nomenclatura: Ej. A-2-4 (1), Suelo tipo A-2-4 cuyo índice de grupo es 1.

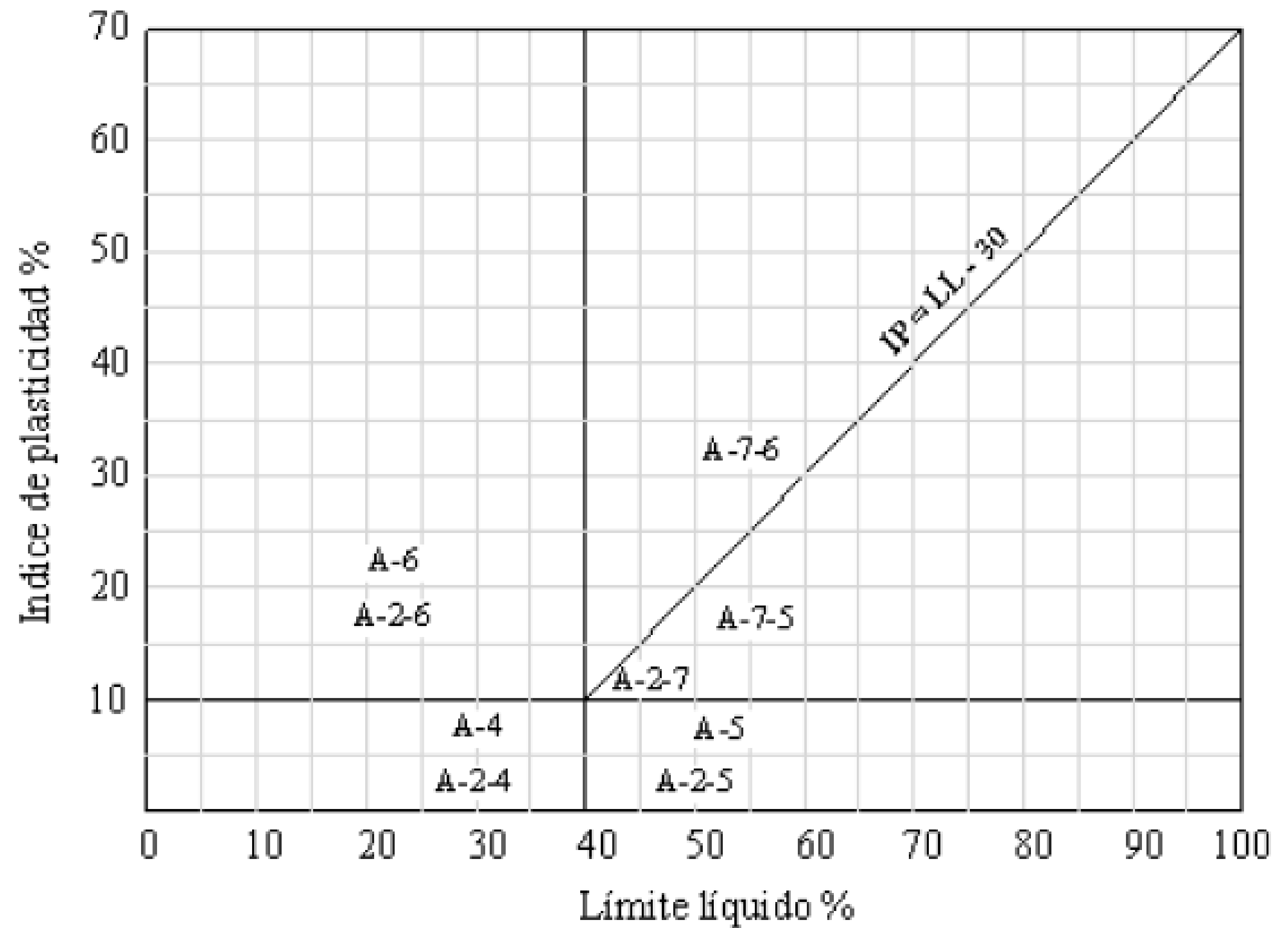
ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Clasificación AASHTO:**



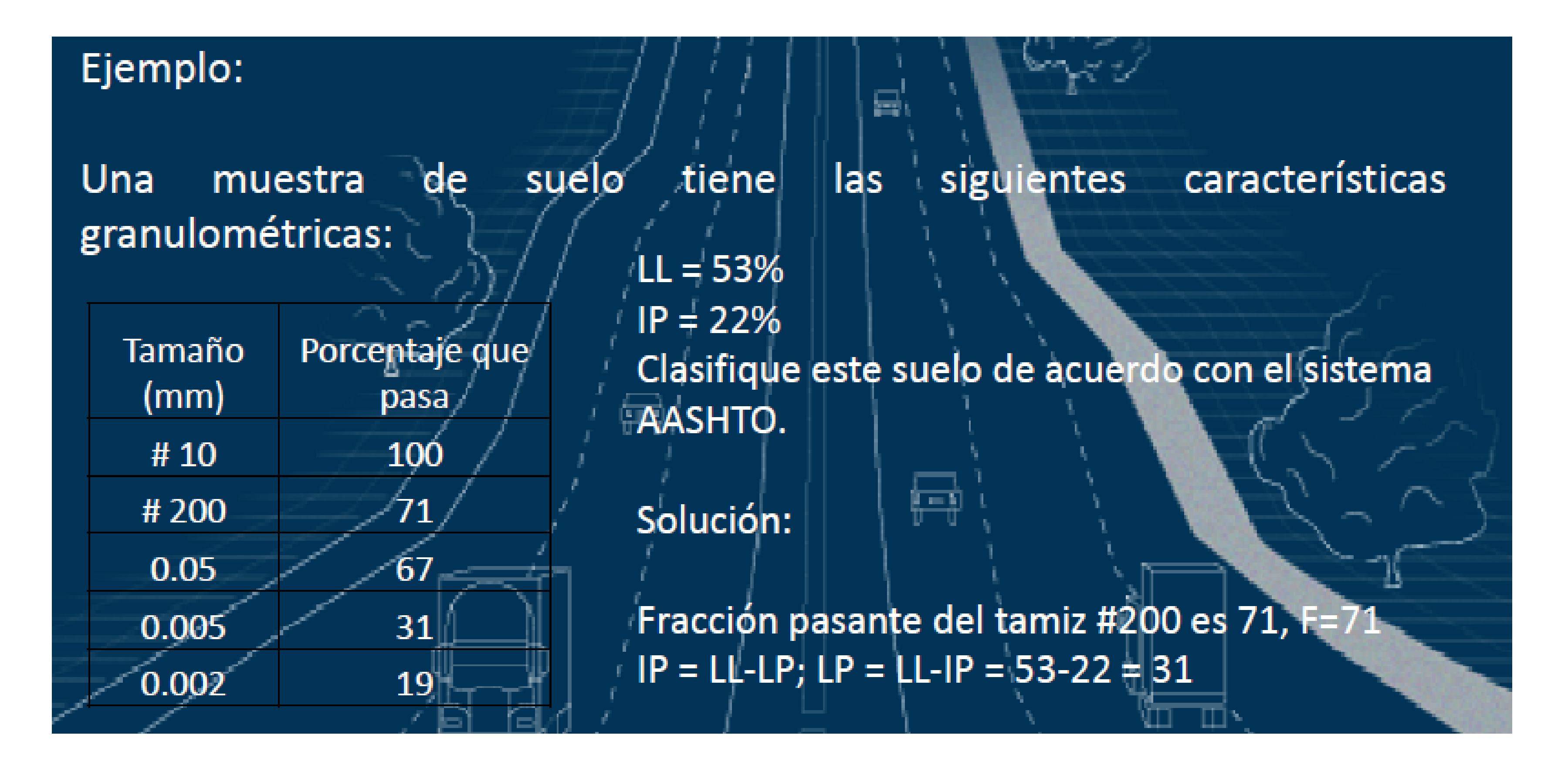
ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Clasificación AASHTO:**



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Clasificación AASHTO:**



Ejemplo:

Una muestra de suelo tiene las siguientes características granulométricas:

Tamaño (mm)	Porcentaje que pasa
# 10	100
# 200	71
0.05	67
0.005	31
0.002	19

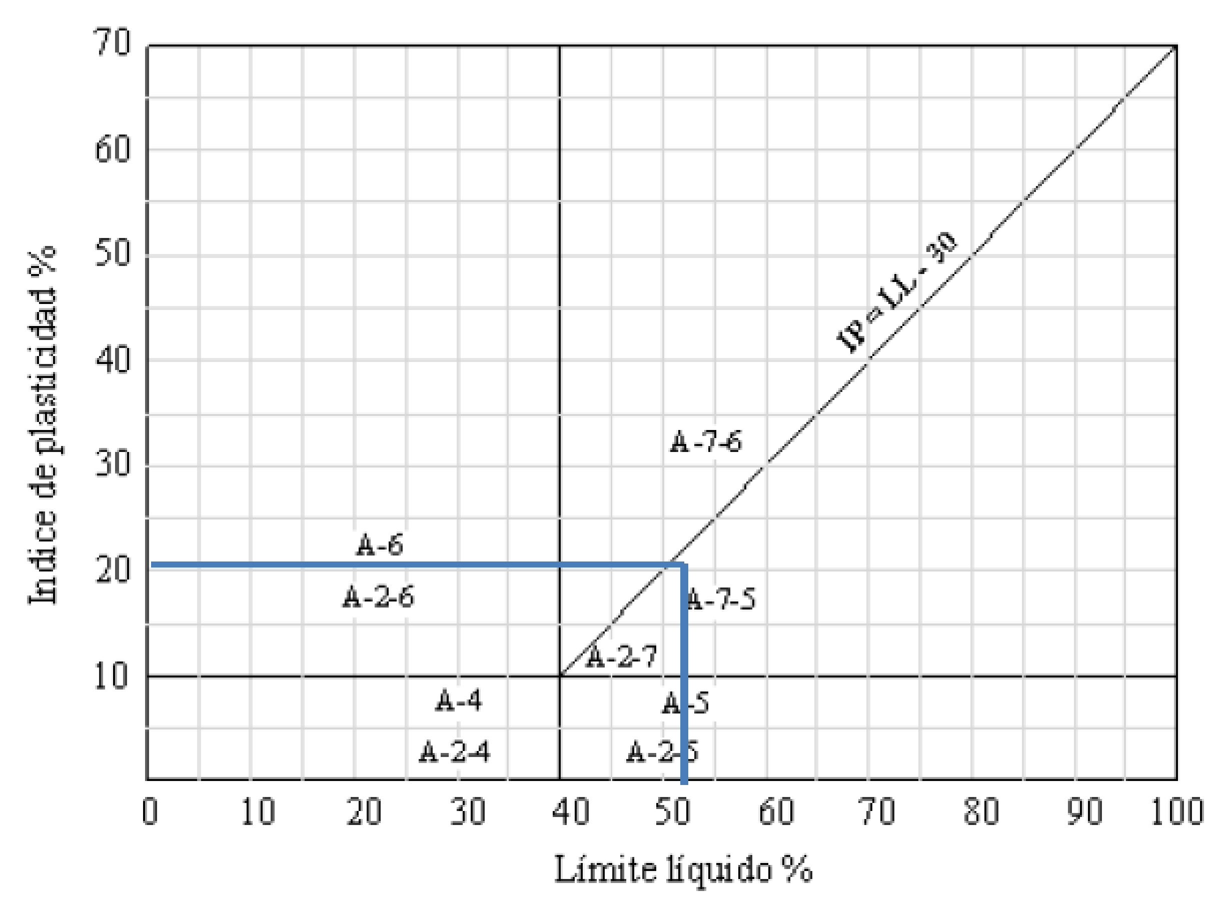
LL = 53%
IP = 22%
Clasifique este suelo de acuerdo con el sistema AASHTO.

Solución:

Fracción pasante del tamiz #200 es 71, F=71
IP = LL-LP; LP = LL-IP = 53-22 = 31

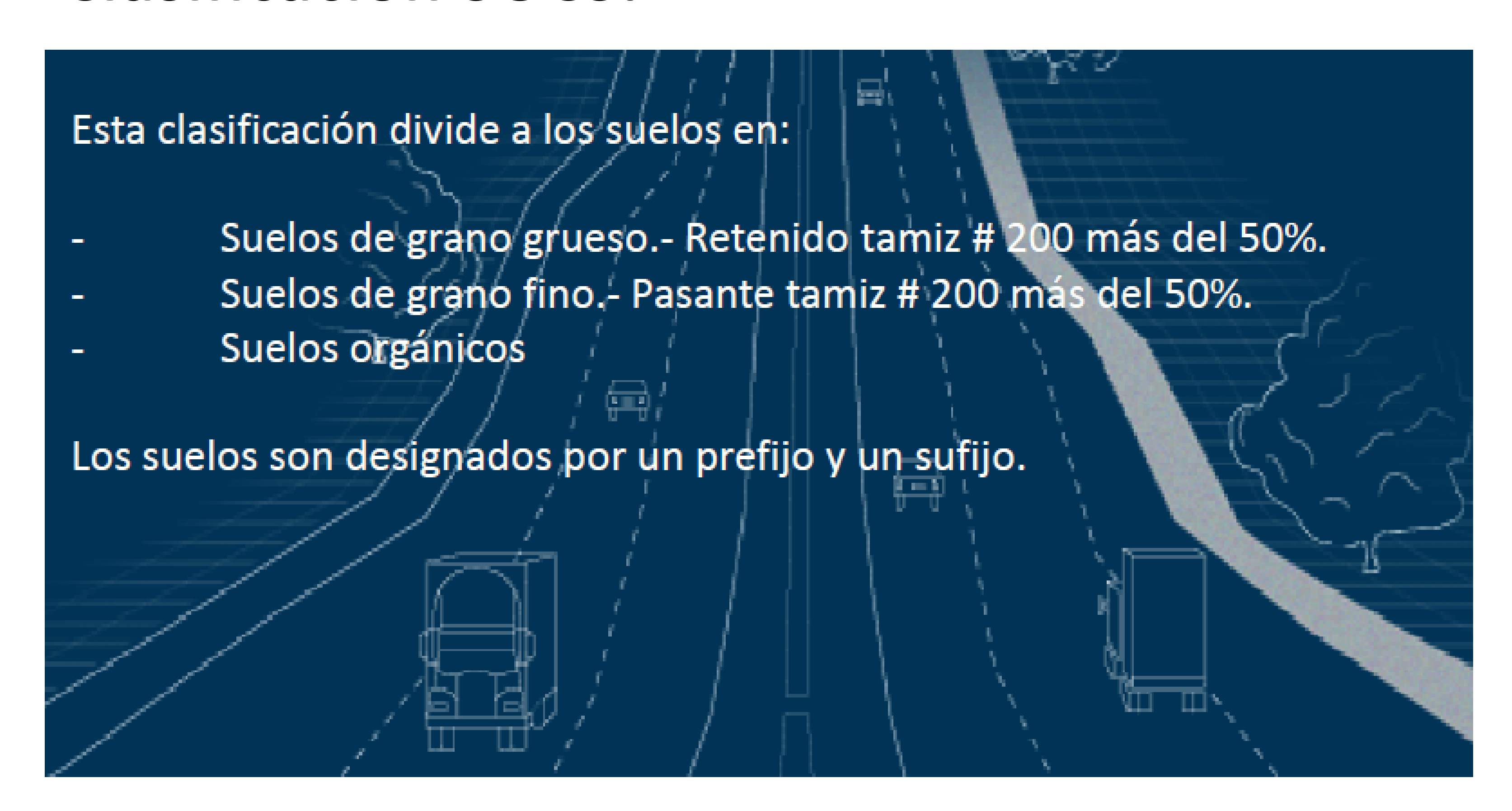
ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Clasificación AASHTO:**



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Clasificación SUCS:**



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

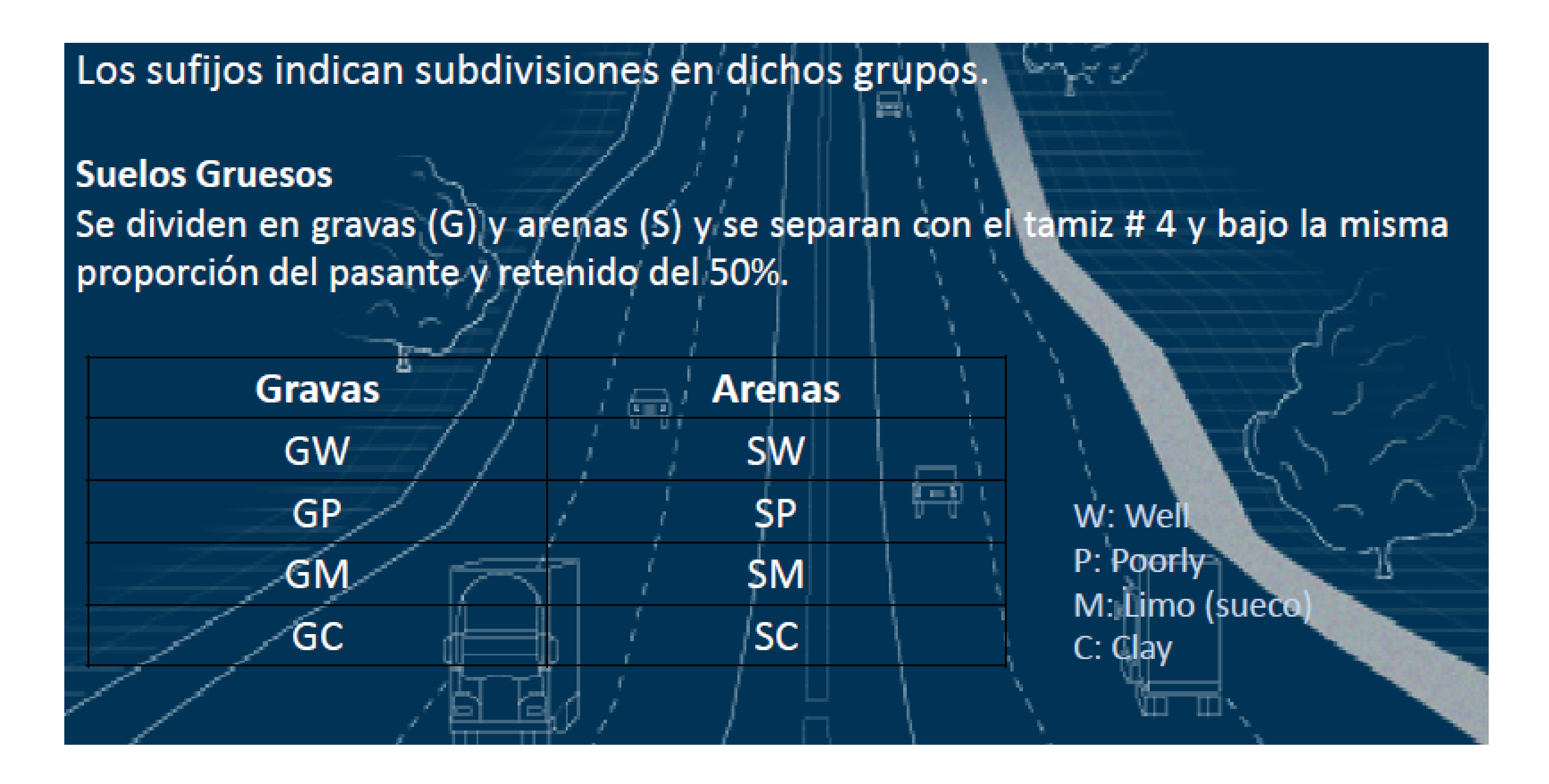
- **Clasificación SUCS:**

Los prefijos son las iniciales de los nombres ingleses de los seis principales tipos de suelo.

- Grava (G)
- Arena (S)
- Limo (M, sueco Mo)
- Arcilla (C)
- Suelos orgánicos grano fino (O)
- Turba (Pt) (producto de la descomposición de restos vegetales, ligero, esponjoso, terroso que se forman en lugares pantanosos).

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Clasificación SUCS:**



Los sufijos indican subdivisiones en dichos grupos.

Suelos Gruesos
Se dividen en gravas (G) y arenas (S) y se separan con el tamiz # 4 y bajo la misma proporción del pasante y retenido del 50%.

Gravas	Arenas
GW	SW
GP	SP
GM	SM
GC	SC

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

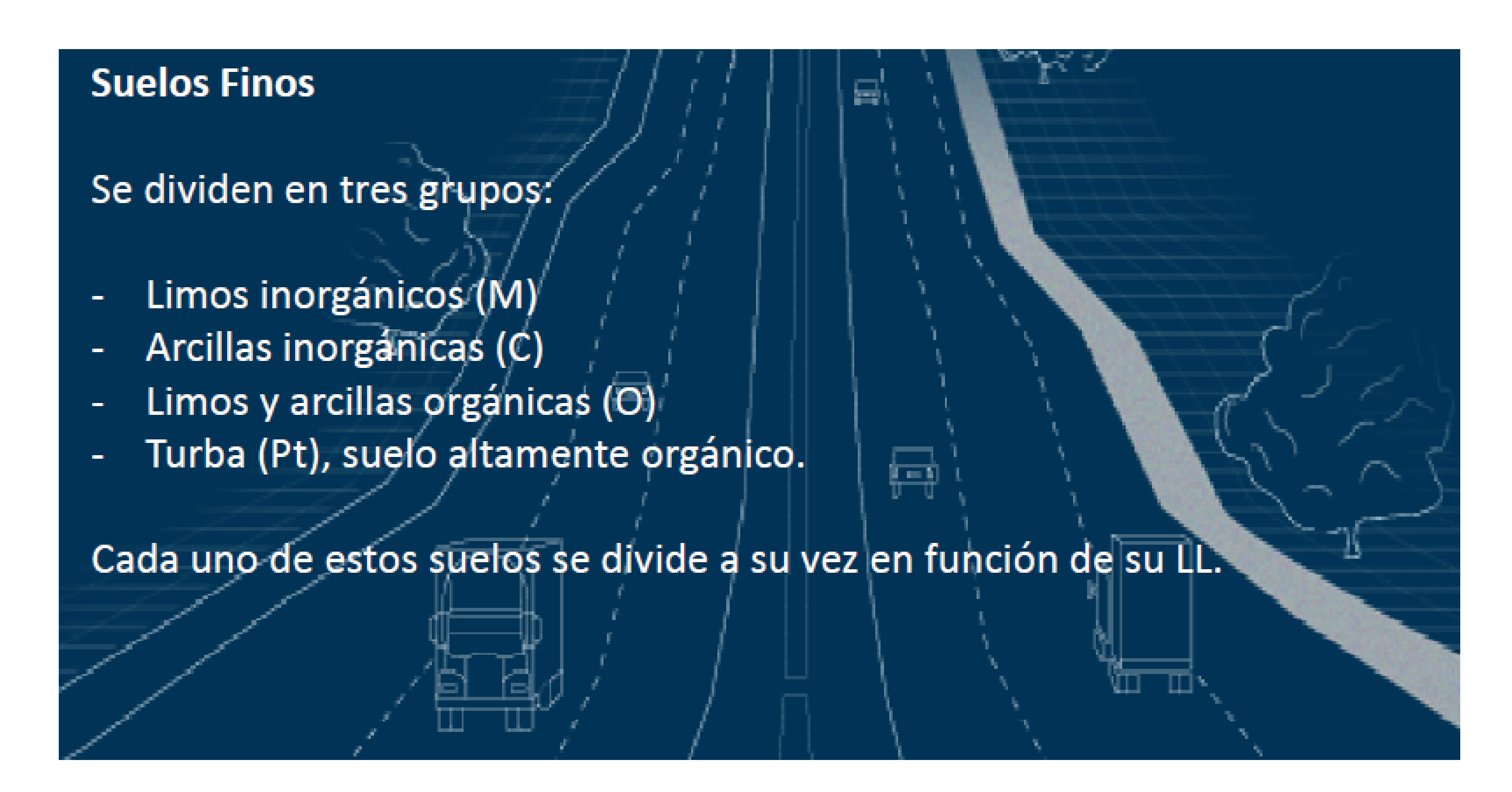
- **Clasificación SUCS:**

Suelos Gruesos
Se dividen en gravas (G) y arenas (S) y se separan con el tamiz # 4 y bajo la misma proporción del pasante y retenido del 50%.

Gravas	Arenas
GW, finos <5%, Bien graduada Cc entre 1 y 3, y Cu > 4	**SW**, finos <5%, Bien graduada Cc entre 1 y 3, y Cu > 6
GP, gravas pobremente graduadas o mal graduadas. Mal graduada sino cumple con Cc y Cu	**SP**, arenas pobremente graduadas o mal graduadas. Mal graduada sino cumple con Cc y Cu
GM, gravas limosas, finos >12% y son limo	**SM**, arena limosas, finos >12% y son limo
GC, gravas arcillosas, finos >12% y son arcilla	**SC**, arena arcillosas, finos >12% y son arcilla
GW-GC, finos entre 5 y 12%.	**SW-SC**, finos entre 5 y 12%.

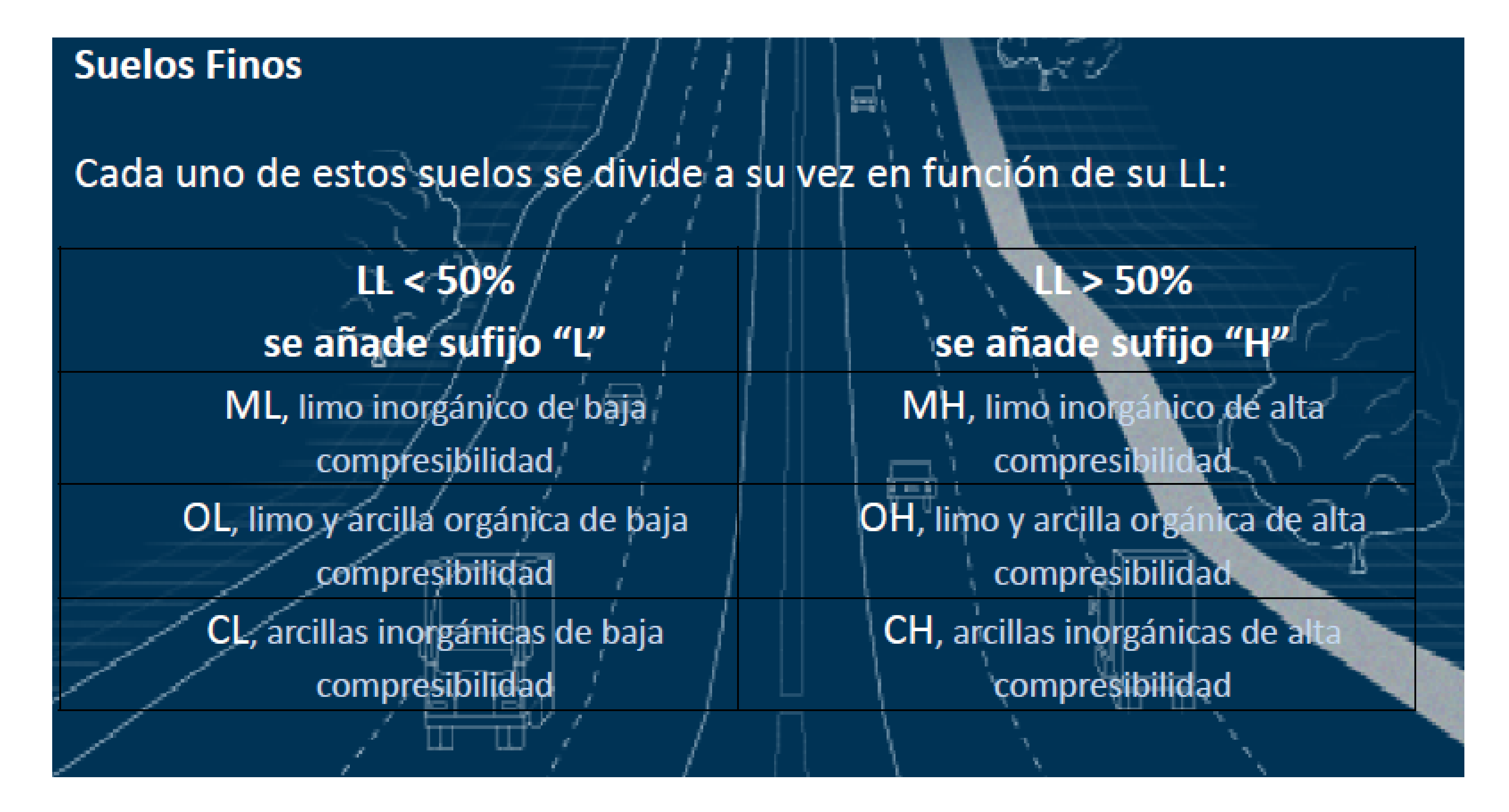
ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Clasificación SUCS:**



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Clasificación SUCS:**



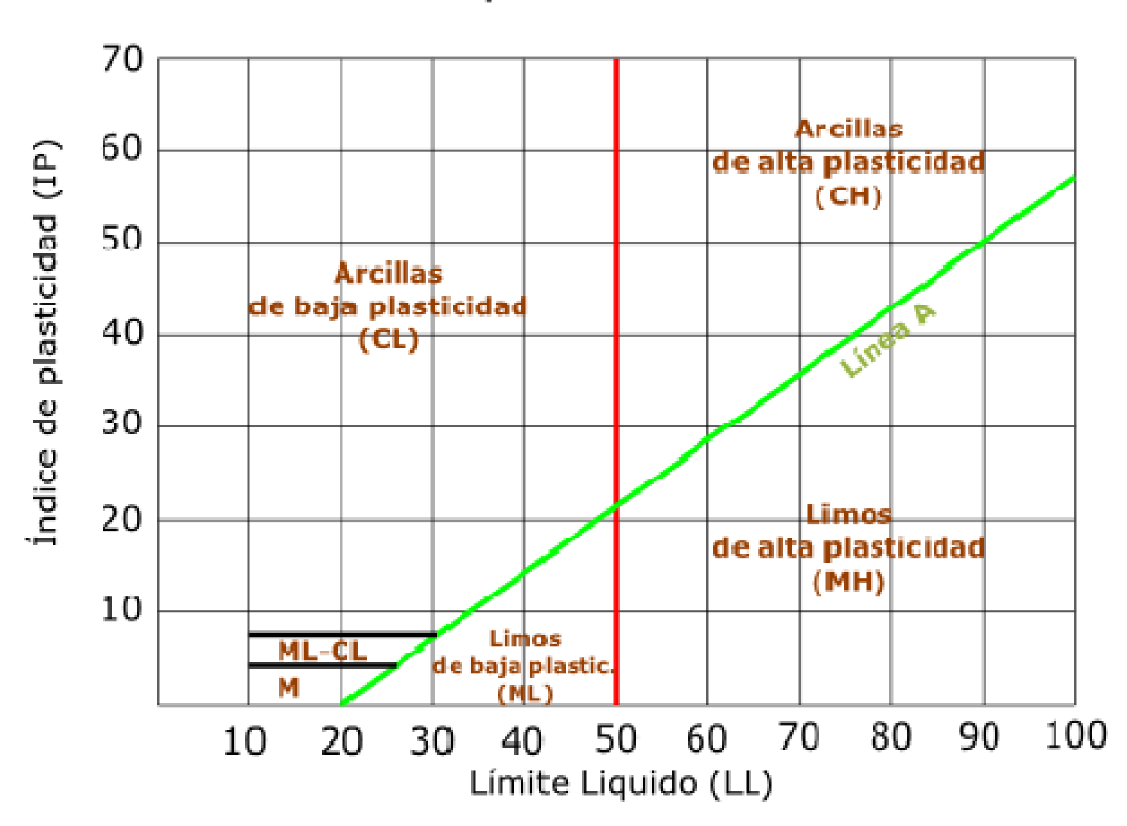
Suelos Finos

Cada uno de estos suelos se divide a su vez en función de su LL:

LL < 50% se añade sufijo "L"	LL > 50% se añade sufijo "H"
ML, limo inorgánico de baja compresibilidad	MH, limo inorgánico de alta compresibilidad
OL, limo y arcilla orgánica de baja compresibilidad	OH, limo y arcilla orgánica de alta compresibilidad
CL, arcillas inorgánicas de baja compresibilidad	CH, arcillas inorgánicas de alta compresibilidad

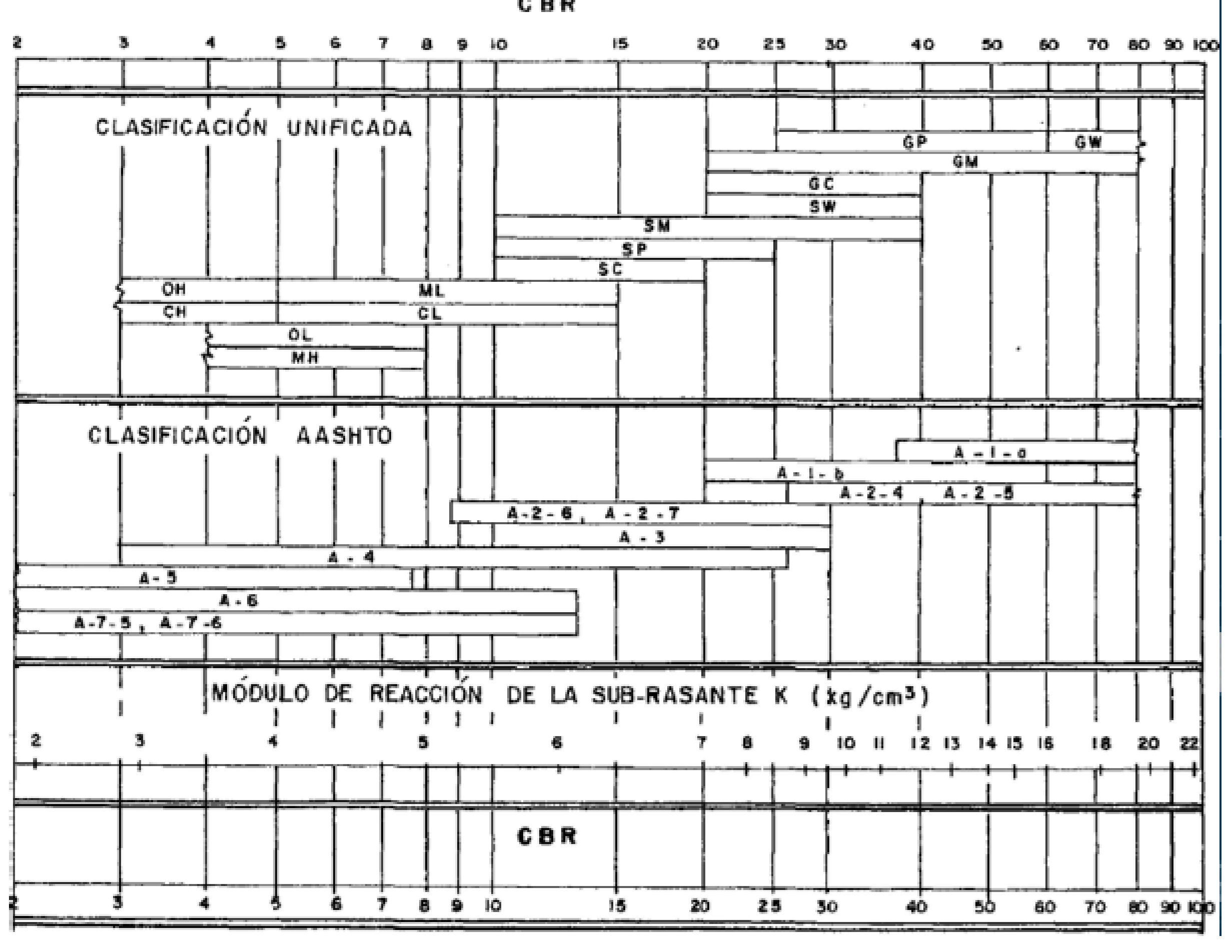
ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Clasificación SUCS:**



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Relación entre los sistemas de Clasificación SUCS y AASHTO:**



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Tipos de suelos en el Ecuador:**

El Ecuador presenta una diversidad de condiciones de clima, agua, elementos geoquímicos, flora, fauna



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Suelos en la región andina:**

Existe alta degradación de los suelos, debido a la presencia de la cordillera de Los Andes, pero sobretodo la presencia volcánica predominante en la región. Se ha podido determinar la presencia de tres grandes grupos de suelo



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Suelos en la región andina:**

a) Suelos aluviales: formados sobre materiales sedimentarios jóvenes

b) Suelos desarrollados sobre cenizas volcánicas: estos ocupan el 30% del territorio nacional, los cuales son considerados sobre suelos evolucionados (orgánicos) por lo tanto aptos para la actividad agrícola



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Suelos en la región andina:**

c) Suelos formados por el proceso de degradación de la roca madre, considerados poco evolucionados (jóvenes provenientes de cenizas recientes y depositadas en zonas secas donde se limita la velocidad de alteración)



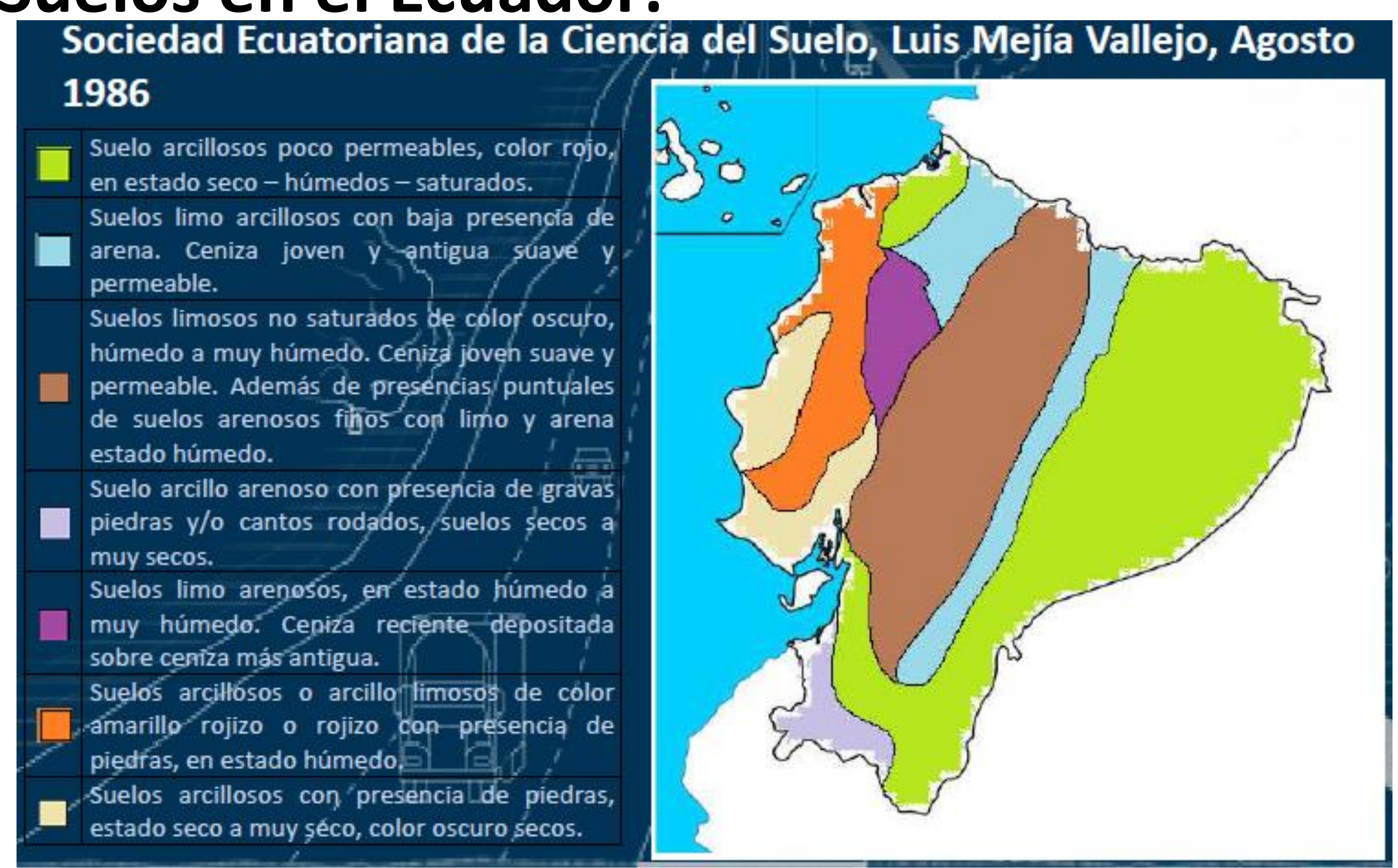
ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- **Suelos en el Ecuador:**



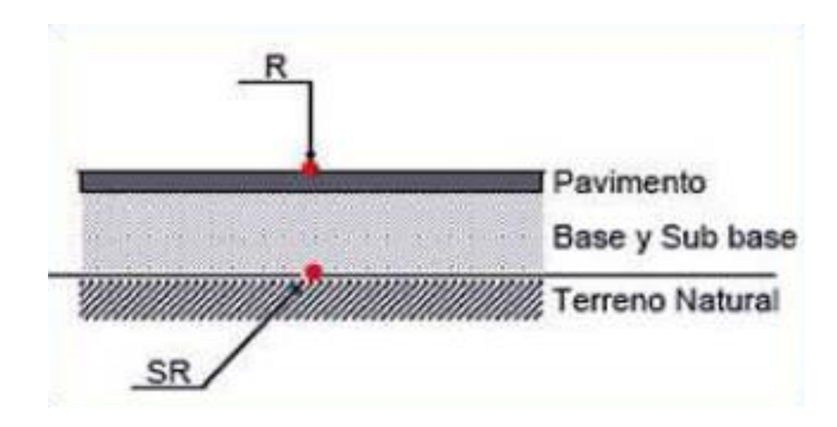
ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

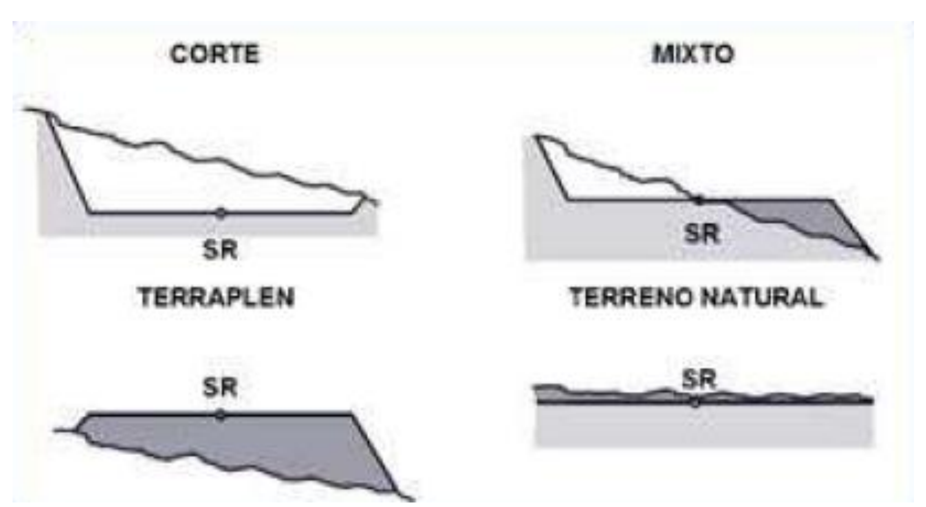
- **Suelos en el Ecuador:**



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

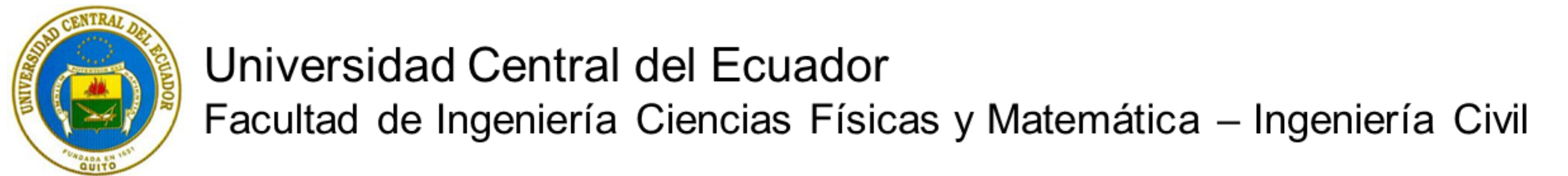
- Subrasante natural (cortes)
- Subrasante artificial (terraplenes)





ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- Selección de la ruta: Para su ejecución se necesita tener ya definido un perfil de rasante del pavimento, que de acuerdo a la estructura que se diseñe del mismo, fija también una línea de proyecto para la subrasante



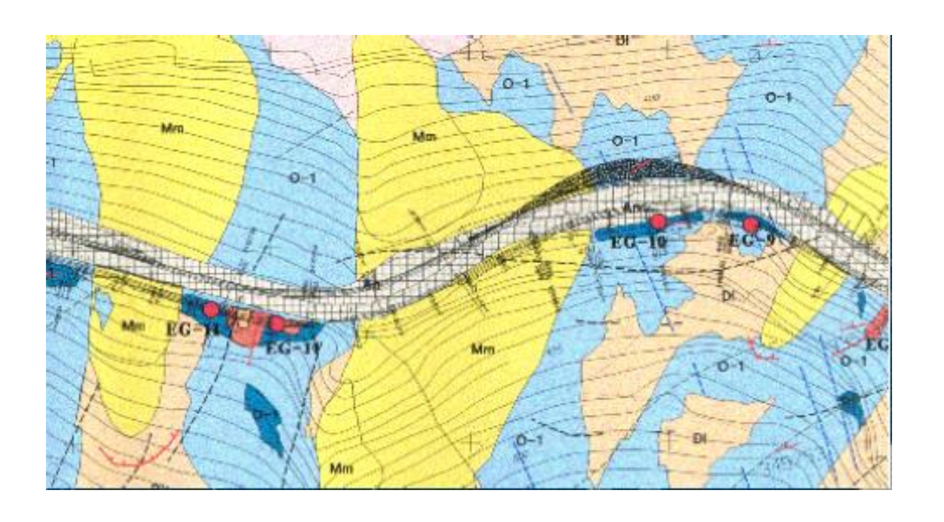
ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- Selección de la ruta: Para su selección se requiere analizar bajo diferentes factores que intervienen en el proyecto: topografía, costos, drenaje, servicio social que presta. Conjuntamente con la geología se podrá decidir la alternativa más conveniente en lo técnico, económico, social y ambiental

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- Selección de la ruta: Factores de referencia:

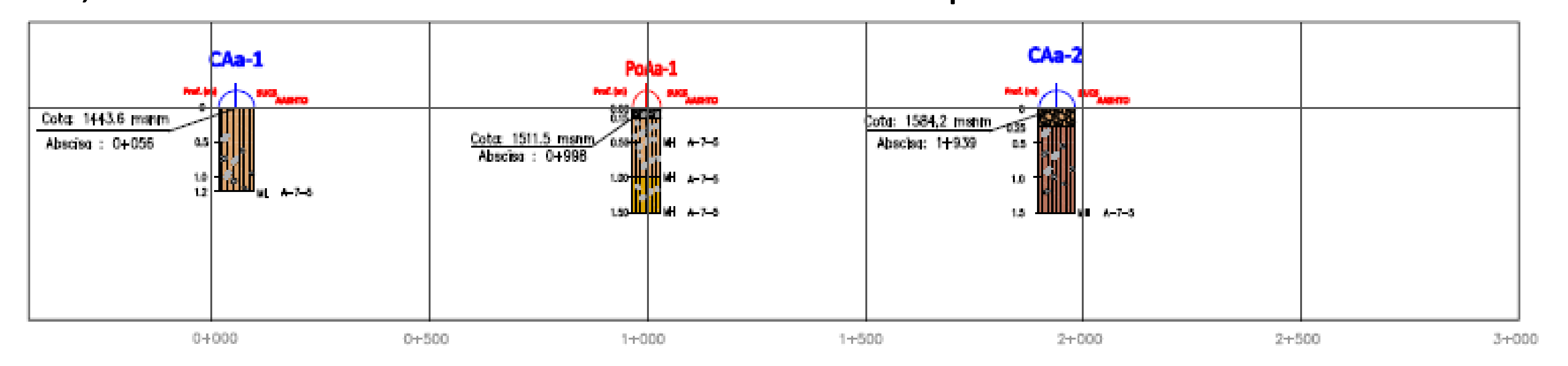
1. Espesor y homogeneidad del suelo en las diferentes alternativas
2. Cercanía a otras obras civiles
3. Paso por zonas inestables
4. Estabilidad de vertientes naturales
5. Inclinación de los estratos
6. Ubicación de las fuentes de materiales

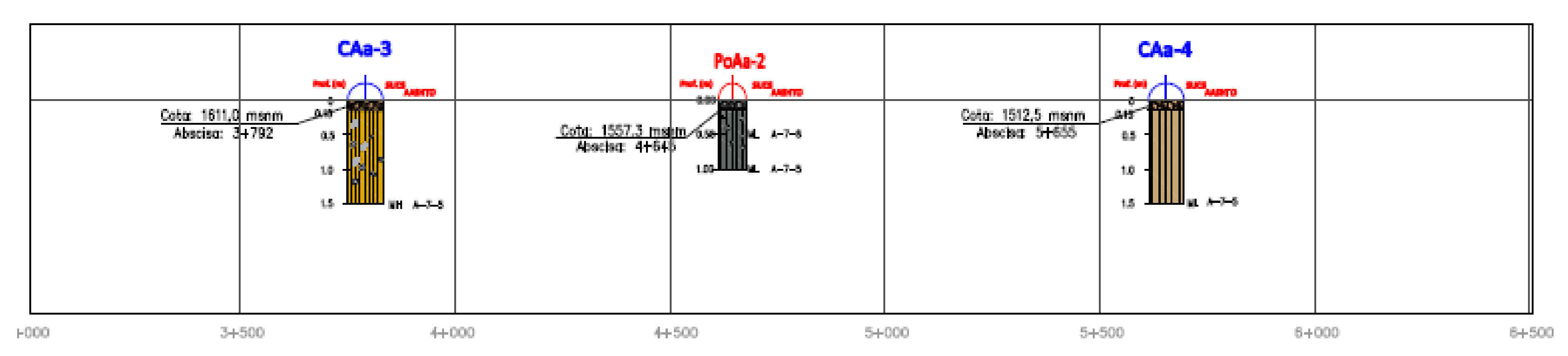


ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- Perfil del suelo:

Una vez definida la ruta geométricamente es necesario realizar el perfil del suelo, caracterizando los diferentes materiales que forman el subsuelo





ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- Capacidad admisible del suelo:

Debido a que los pavimentos son estructuras de cimentación que se encuentran sometidas a cargas repetidas, su capacidad de carga admisible se puede estimar con las siguientes expresiones:

$$\sigma_{adm} = \frac{C \times Es}{1 + 0.7 \log Nt}$$ (Kerkoven y Dormont)

Donde:

σ_{adm} = Será la capacidad de carga admisible del suelo expresado en Kg/cm2.

C = 0.008 (Valor dado por Jeuffroy)

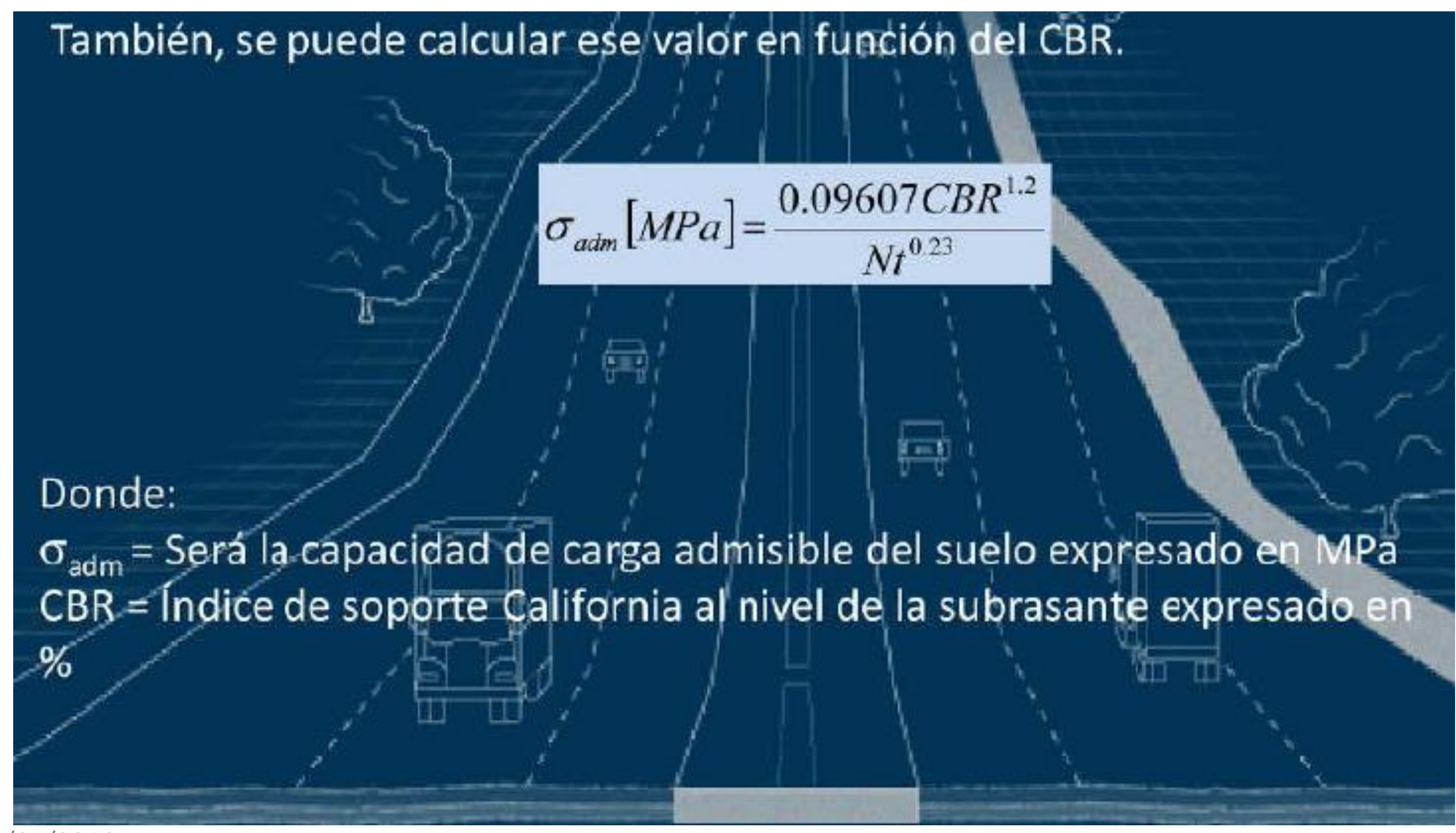
C = 0.006 (Valor dado por Acun y Fox)

Es = Módulo de elasticidad dinámico del suelo

Nt = Número de aplicaciones de carga del eje estándar.

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- Capacidad admisible del suelo:



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- Parámetros estructurales para valorar la subrasante



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- Indice de soporte de California

El CBR es una medida indirecta de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo bajo dadas condiciones de humedad y densidad.

Se expresa como la relación porcentual entre el esfuerzo requerido para penetrar un pistón de 2 pulgadas dentro de una probeta de 6 pulgadas de diámetro y 7 pulgadas de altura, y el esfuerzo requerido para introducir el mismo pistón hasta la misma profundidad de una muestra patrón de grava partida.

Este método fue propuesto por los ingenieros STRATOM y PORTER del departamento de carreteras de California, por lo que se denomina RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.).

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- Indice de soporte de California

El CBR es una medida indirecta de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo bajo dadas condiciones de humedad y densidad.

Se expresa como la relación porcentual entre el esfuerzo requerido para penetrar un pistón de 2 pulgadas dentro de una probeta de 6 pulgadas de diámetro y 7 pulgadas de altura, y el esfuerzo requerido para introducir el mismo pistón hasta la misma profundidad de una muestra patrón de grava partida.

Este método fue propuesto por los ingenieros STRATOM y PORTER del departamento de carreteras de California, por lo que se denomina RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.).

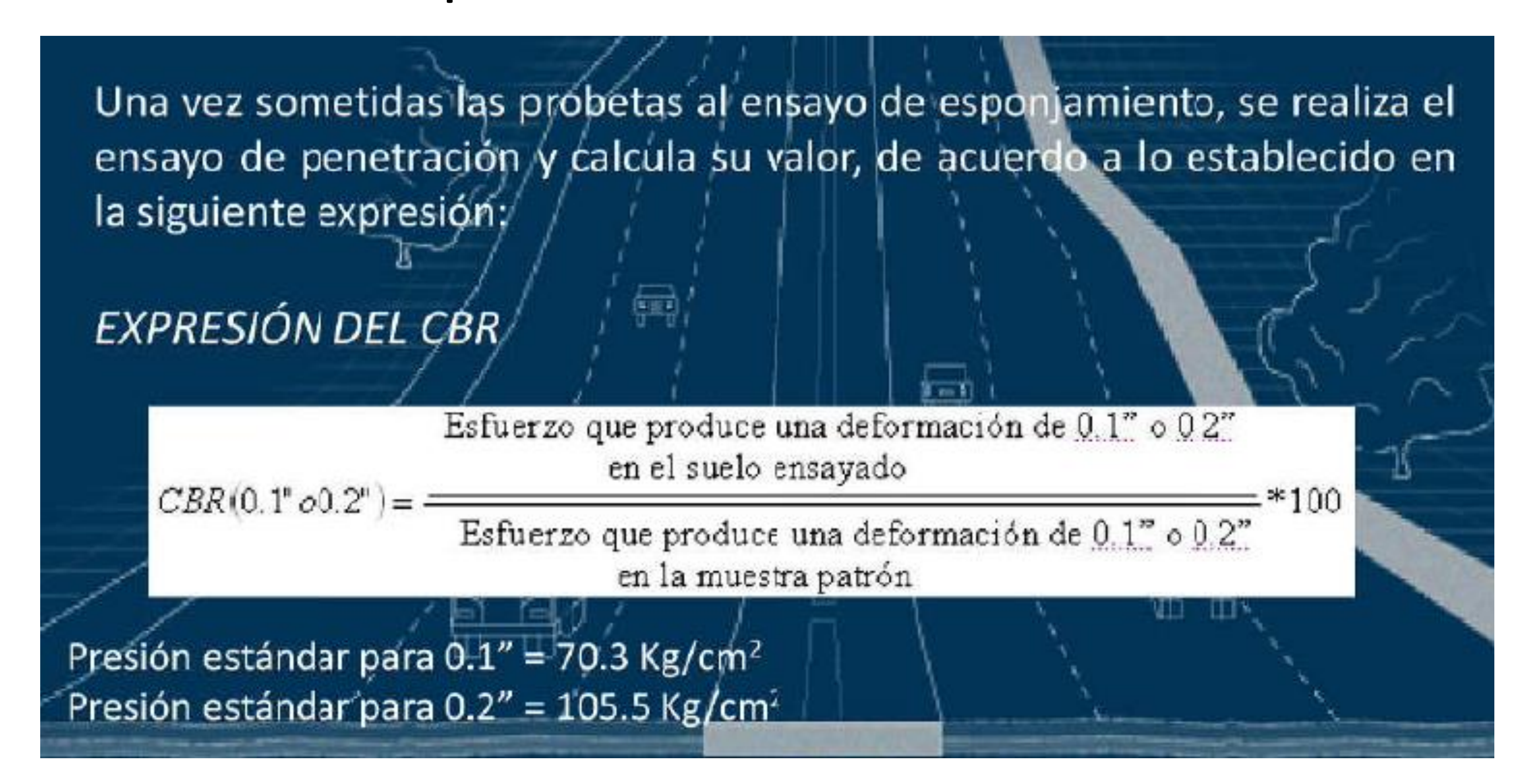
ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- Indice de soporte de California



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

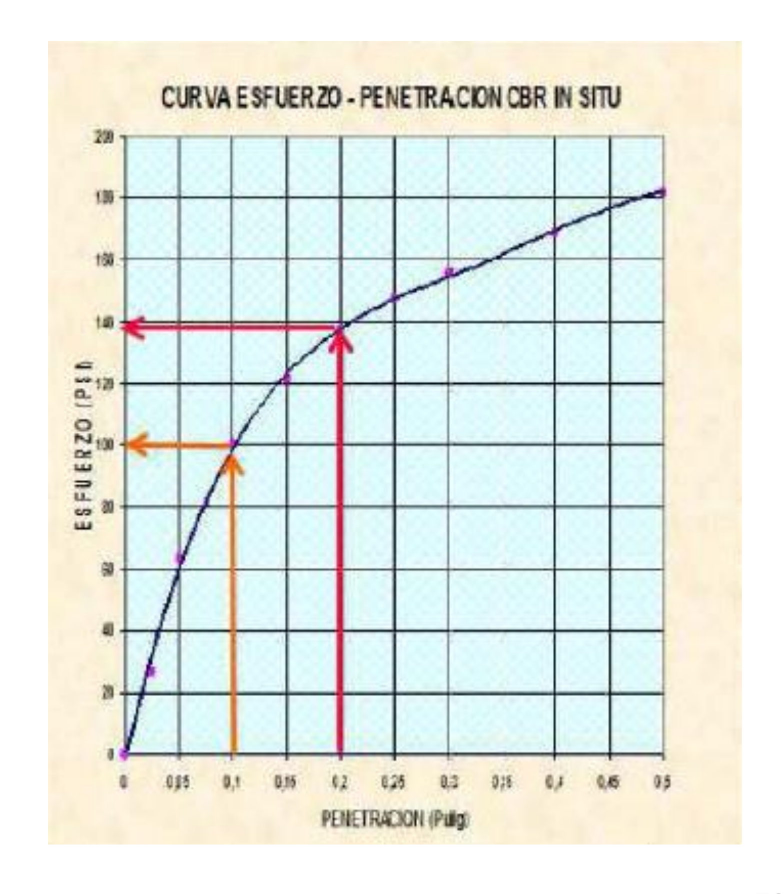
- Indice de soporte de California



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

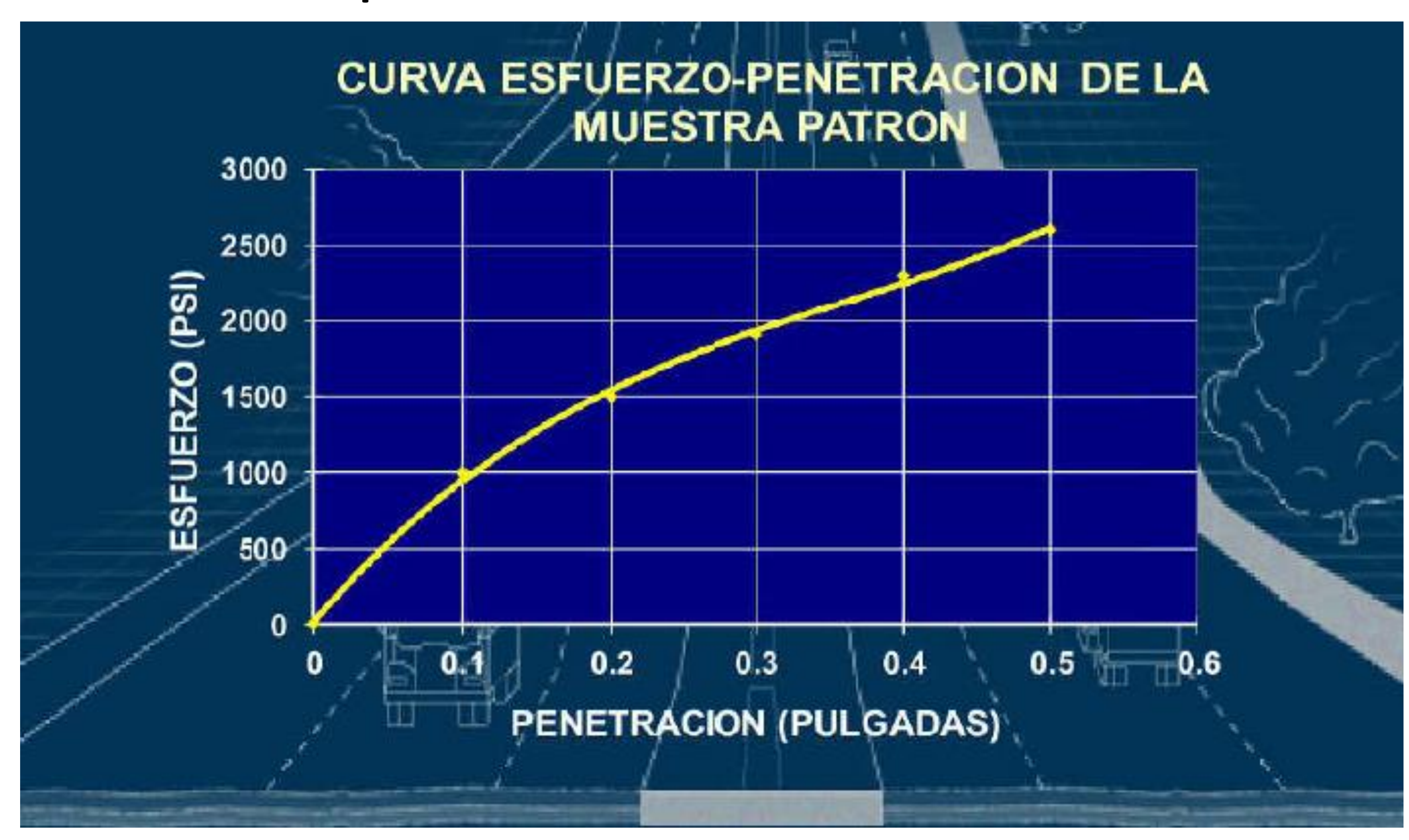
- Indice de soporte de California





ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- Indice de soporte de California



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- CBR – Modalidades de ensayo
- CBR de laboratorio: Se recomienda su ejecución cuando las condiciones en la subrasante se van a alterar durante la construcción (rellenos).





ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- CBR – Modalidades de ensayo
- CBR con muestra inalterada: se recomienda realizarlo sobre suelos finos y arenosos cuando las condiciones de la subrasante no se van a alterar







ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

- CBR – Modalidades de ensayo
- CBR de campo: se realiza directamente sobre la subrasante terminada, sobre suelos finos y arenosos y cuando las condiciones de la subrasante no se van a alterar durante la construcción



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

Prof. (m)	Cota Inicio	Perfil	Descripción	W(%)	Grava	Arena	Finos	LL	IP	SUCS	AASHTO	Fotografía
0.00 a 0.50	18.70		Limo arenoso, color café claro, altamente plástico, húmedo. Presencia de material granular en los primeros 15cm y mejoramiento con cascote.	43	1	34	65	62	27	MH	A-7-5	
0.50 a 1.00	17.70		Arcilla arenosa, color café oscuro, altamente plástica, húmeda. Presencia de gravilla 4%.	50	4	43	53	70	38	CH	A-7-5	
FIN DE SONDEO												

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso Húmedo	Peso Seco	Peso Cápsula	Contenido Humedad	Humedad Promedio
85.41	71.59	21.41	27.5	27.6
87.22	73.35	23.22	27.7	

LÍMITE LÍQUIDO

No. de Golpes	Peso Húmedo	Peso Seco	Peso Cápsula	Humedad	Límite Líquido
14	35.87	25.11	9.06	67.0	63.4
27	39.55	27.85	9.20	62.7	
36	42.95	30.00	8.81	61.1	
36	42.95	30.00	8.81	61.1	

LÍMITE PLÁSTICO

Peso Húmedo	Peso Seco	Peso Cápsula	Contenido Humedad	Humedad Promedio
14.38	13.06	8.87	31.5	31.3
15.27	13.82	9.16	31.1	

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

GRANULOMETRÍA

Peso Suelo Húmedo : 116.35 gr
Peso Suelo Seco : 91.18 gr

Tamiz No.	Diámetro (mm)	Peso Ret. Acumulado	% Retenido	% que pasa
1"	25.00	0.00	0	100
3/4"	19.00	0.00	0	100
1/2"	12.50	0.00	0	100
3/8"	9.50	0.00	0	100
No. 4	4.75	2.69	3	97
No. 10	2.00	5.87	6	94
No. 40	0.43	15.45	17	83
No. 200	0.08	30.56	34	66

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

GRANULOMETRÍA

GRAVA	3	ARENA	31	FINOS	66

LÍMITES ATTERBERG

Humedad Natural (w) = **28**
Límite Líquido (LL) = **63**
Límite Plástico (LP) = **31**
Índice de Plasticidad (I_P) = **32**

CLASIFICACIÓN

SUCS	**CH**	AASHTO	**A-7-5**

DESCRIPCIÓN

Arcilla arenosa de alta plasticidad

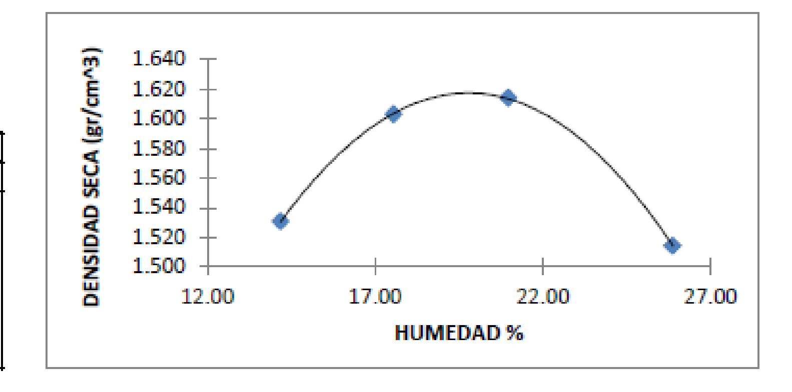
ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

ENSAYADO PO Terra Hidro S.A
OBRA :PAVIMENTOS
PROFUNDIDAD :1,00m
MUESTRA : PR-26
FECHA :JUNIO 2013

TIPO DE COMPACTACION : MODIFICADO
GOLPES POR CAPA : 25
NUMERO DE CAPAS : 5
PESO DEL MARTILLO : 10 lbs:
ALTURA DE CAIDA : 18"

DATOS DEL MOLDE
DIAMETRO 4 "
VOLUMEN 968 cm^3
PESO 3680 gr.

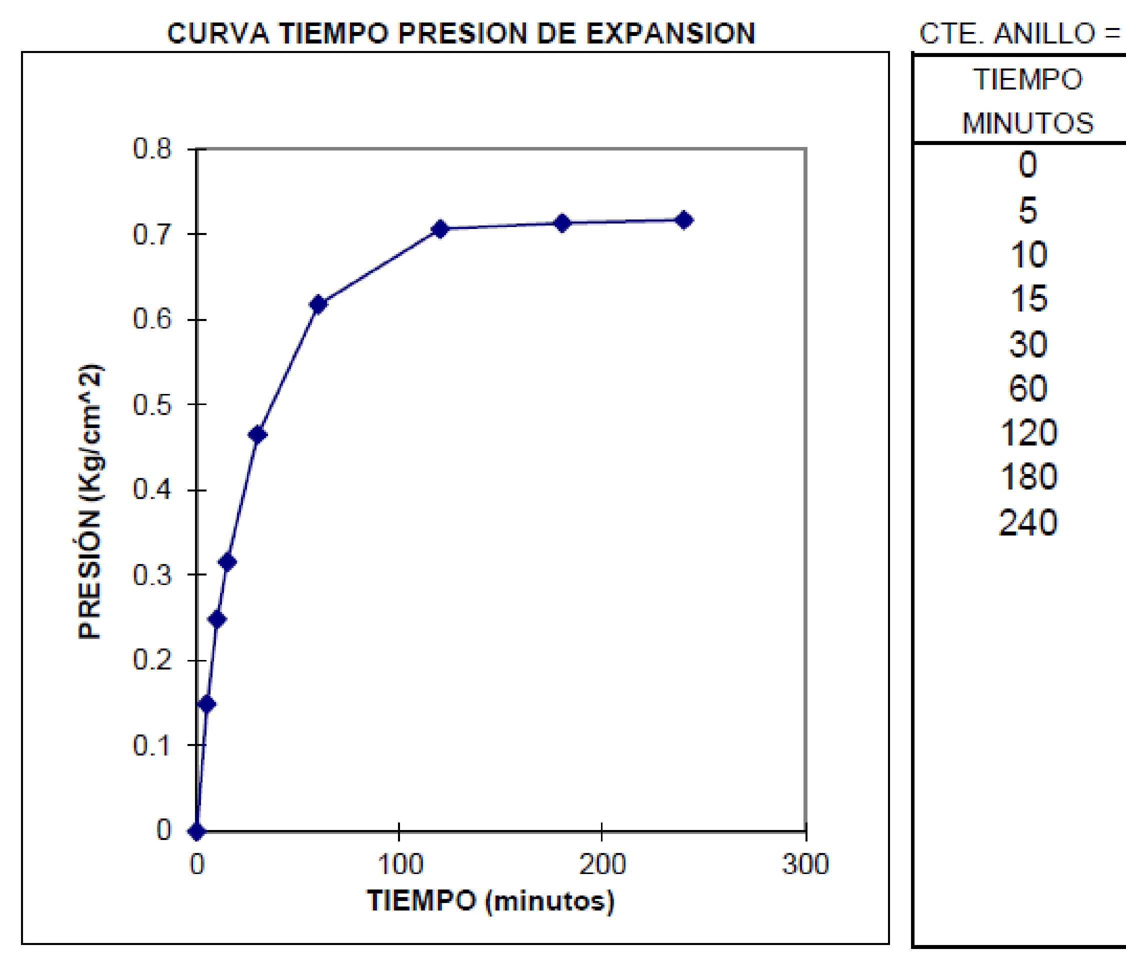
DENSIDAD				
MUESTRA No.	1	2	3	4
PESO MOLDE + SUELO (gr.)	5372	5504	5570	5525
PESO MOLDE (gr.)	3680	3680	3680	3680
PESO SUELO (gr:)	1692	1824	1890	1845
CONTENIDO DE AGUA	14.18	17.56	20.97	25.88
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm^3)	1.748	1.884	1.952	1.906
DENSIDAD SECA (gr/cm^3)	1.531	1.603	1.614	1.514



d máx. (gr/cm^3): 1.620 **W ópt.** (%): 19.80

CONTENIDO DE AGUA								
MUESTRA No	1		2		3		4	
RECIPIENTE+SUELO HUMEDO (gr.)	72.86	73.79	77.94	84.47	79.74	84.69	87.09	84.37
RECIPIENTE +SUELO SECO (gr.)	66.32	67.15	69.64	75.26	70.10	73.75	74.11	72.11
PESO DEL RECIPIENTE	20.06	20.49	22.18	23.00	22.92	22.90	25.58	23.09
CONTENIDO DE AGUA (%)	14.14	14.23	17.49	17.62	20.43	21.51	26.75	25.01
CONTENIDO PROMEDIO DE AGUA (%)	14.18		17.56		20.97		25.88	

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE



EXPANSION CONTROLADA

CTE. ANILLO = 0.112 Kg.

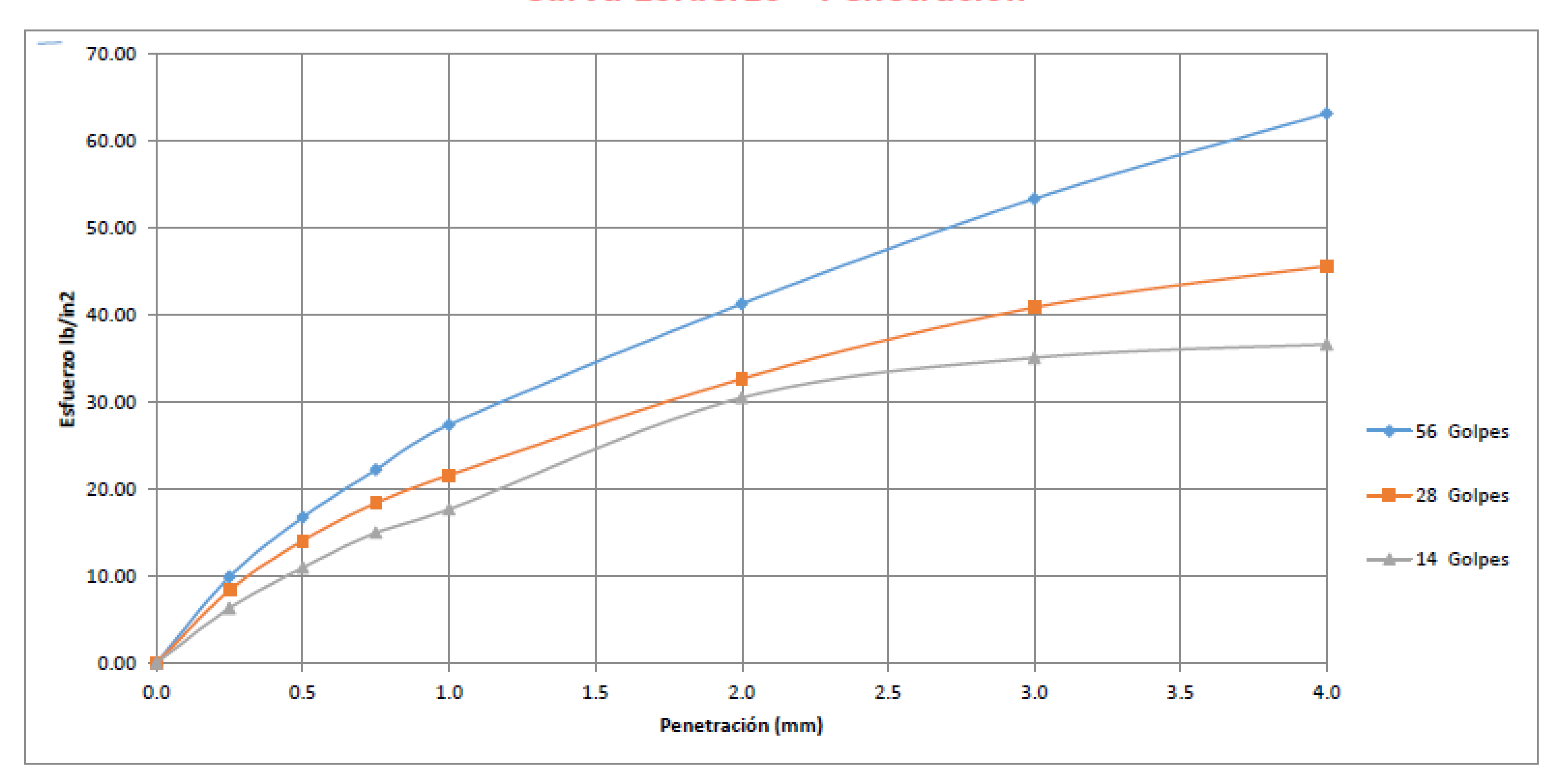
TIEMPO MINUTOS	LECTURA DIAL	PRESION EXP. Kg/cm^ 2
0	0	0
5	42	0.15
10	70	0.25
15	89	0.32
30	131	0.46
60	174	0.62
120	199	0.71
180	201	0.71
240	202	0.72

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

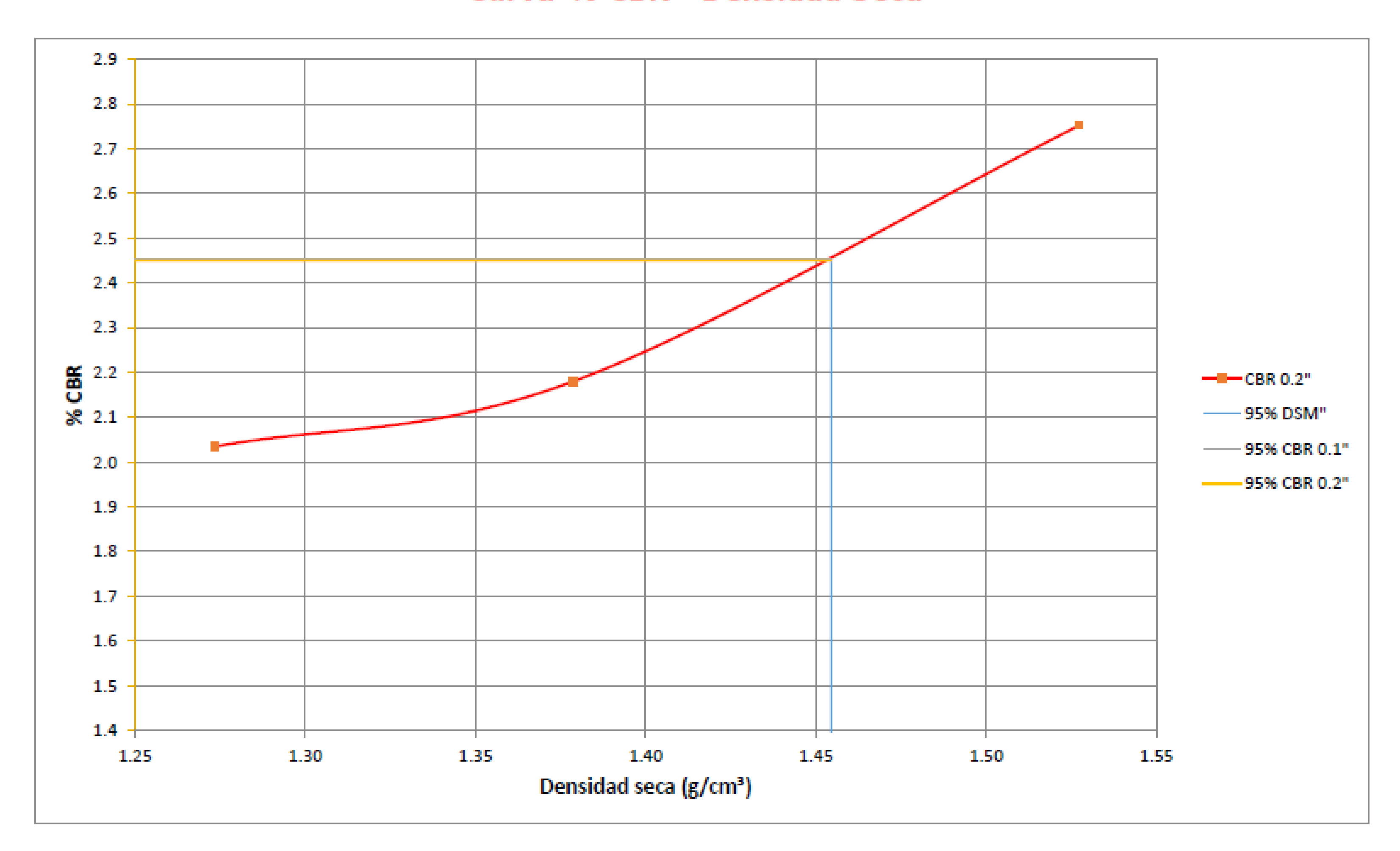
CAPSULA No	7	
PESO CAPSULA	11.00	gr.
PESO CAPSULA +Hg.	212.10	cm^3
PESO CAPSULA +SUELO HUMEDO	34.89	gr.
PESO CAPSULA + SUELO SECO	25.29	gr.
PESO Hg. desalojado	118.87	gr.

PESO SUELO HUMEDO	23.89	gr.
PESO SUELO SECO	14.29	gr.
VOLUMEN CAPSULA	14.82	cm^3
VOLUMEN DESALOJADO	8.76	cm^3
LIMITE DE CONTRACCION	24.77	%

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

VALORES DE CBR

Presión M Pa	Valor CBR 0.2 "
41.28	2.8
32.69	2.2
30.52	2.0
CBR (95%Yseco máx)=	2.45

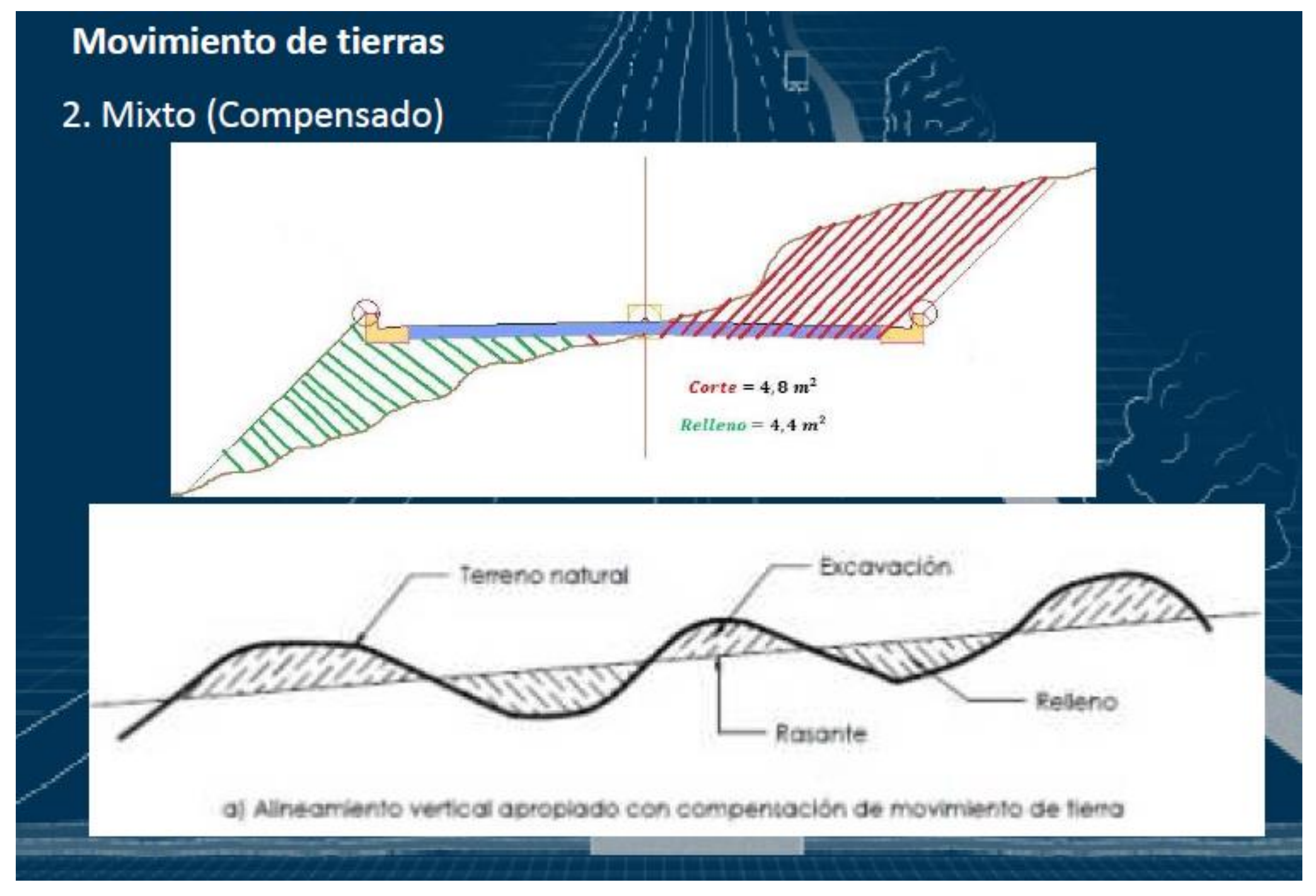
ESTUDIO DE LA SUBRASANTE



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

Construcción

<u>Desbroce, Desbosque y Limpieza</u>

- Se efectuará dentro del limite de construcción y hasta 10 metros por fuera.
- Arboles, arbustos y maleza se eliminarán por completo.
- Zonas donde serán cubiertas con terraplenes, además se emparejará y compactará posterior al desalojo de material orgánico.



- Troncos al ras del terreno natural en lo posible. Y no mayor a los 30cm.
- También incluye las zonas de préstamo, canteras, acopio y minas dentro del proyecto o zona del camino.
- Medición Ha.

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE





ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

Construcción

Excavación y relleno para la plataforma del camino:

Tipo de material a excavar: Fango, suelo, marginal y roca.

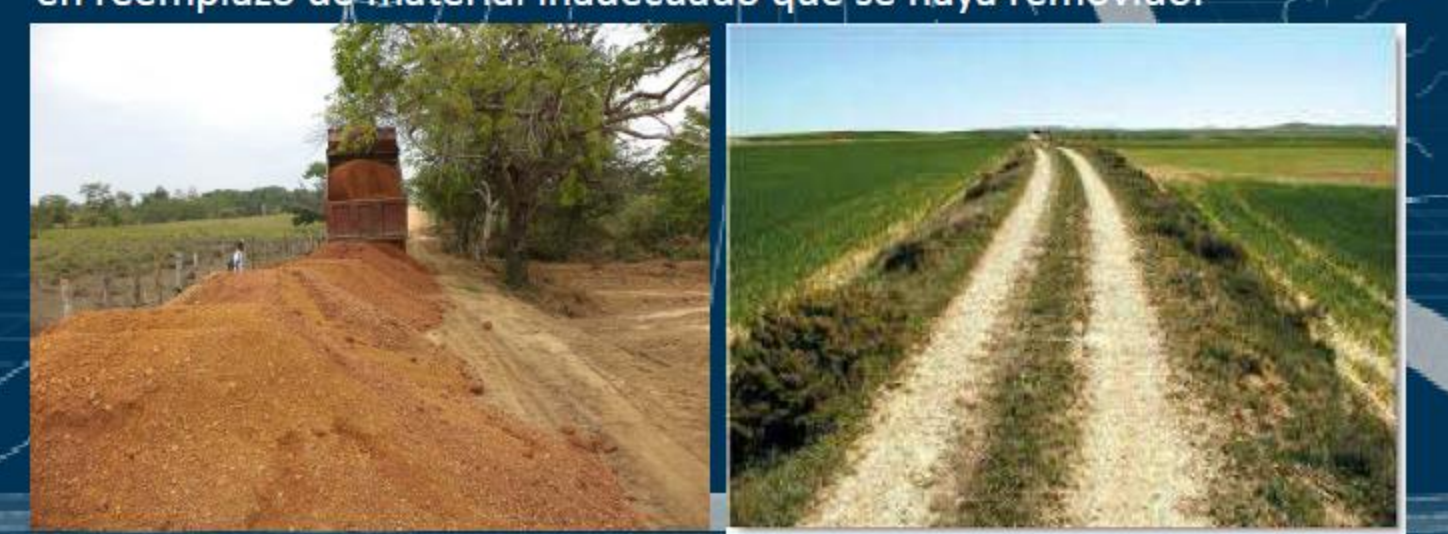
Tipos de Excavaciones:

- Excavación sin clasificación
- Excavación clasificada
  - Excavación en roca (roca maciza, uso de explosivos).
  - Excavación en marginal (rocas descompuestas, suelos compactos, uso de explosivos y maquinaria mayor a 320 HP)
  - Excavación en fango (materiales saturados compuestos de tierra y/o materia orgánica)
  - Excavación en suelo (material no incluido en los mencionados anteriormente)

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

Construcción

Terraplenado: Este trabajo consistirá en la construcción de rellenos para caminos por medio de la colocación de materiales aprobados provenientes de los cortes o zonas de préstamo; se formarán capas debidamente emparejadas, hidratadas u oreadas y compactadas. Se incluye además la preparación necesaria de las áreas en que los terraplenes serán construidos, la colocación y compactación de material en reemplazo de material inadecuado que se haya removido.



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

Terraplenado:

Compactación Relativa (Porcentaje)	Superficies o capas
90%	Terreno natural en zonas de relleno
95%	Terreno natural en zonas de corte
95%	Terraplenes o rellenos
95%	Subrasantes formadas por suelo seleccionado.

Tamaño del Tamiz	Porcentaje que pasa
Nº 3" (75.0 mm.)	100
Nº 4 (4.75 mm.)	35 - 100
Nº 30 (0.60 mm.)	25 - 100

Ip < 6, la medición y pago será en metros cúbicos.

Fuente: Tabla 305-2.1 y 307-2.1, Especificaciones Técnicas MTOP-2002

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE

Cuando el suelo en su estado natural no cumple con los parámetros geotécnicos mínimos para sobre esta poder proyectar la estructura de pavimento, se vuelve necesario realizar el mejoramiento o incremento de sus características para mejorar su comportamiento estructural.

- Mejoramiento con suelo seleccionado
- Estabilización con cal
- Estabilización con material pétreo
- Empalizada
- Geotextil
- Geomalla
- Estabilización con enzimas orgánicas
- Estabilización con otros químicos

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE

Mejoramiento con suelo seleccionado

El suelo seleccionado se obtendrá de la excavación para la plataforma del camino, de excavación de préstamo, o de cualquier otra excavación debidamente autorizada y aprobada por el Fiscalizador.

Deberá ser suelo granular, material rocoso o combinaciones de ambos, libre de material orgánico y escombros, tendrá una granulometría tal que todas las partículas pasarán por un tamiz de cuatro pulgadas (100 mm.) con abertura cuadrada y no más de 20 por ciento pasará el tamiz Nº 200 (0,075 mm).

IP<=9, LL<35, CBR>20%, se cuantificará y pagará en m3.



Fuente: Especificaciones Técnicas MTOP-2002

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE

Estabilización con cal

Consiste en la incorporación de una proporción determinada de cal hidratada al suelo de la subrasante previamente escarificado y pulverizado a fin de mejorar su capacidad de soporte y disminuir la plasticidad y sensibilidad a la presencia de agua.

Los suelos utilizados no deberán tener un tamaño superior a 80mm.

Compactación al 95% a la densidad máxima, se cuantificará y pagará en m3 y por tonelada el suministro y distribución de la cal.





Fuente: Especificaciones Técnicas MTOP-2002

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE

Estabilización con material pétreo

Útiles en zona amazónicas y en lugares que por sus condiciones climáticas y excesiva humedad, son necesarias para estabilizar subrasante y en el cimiento de los terraplenes.

El material pétreo provendrá de la excavación de cortes de roca, o de lugares de préstamo. Deben estar constituidos por piedras o pedazos de roca, tamaño entre 10 a 30cm, libres de materiales arcillosos, menos al 20% pasantes del tamiz 2 pulgadas, y 5% que pasen por el tamiz #4. Se cuantificará y pagará por m3.



Vía a Chiquindad, Azuáy.

Fuente: Especificaciones Técnicas MTOP-2002

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE

Empalizada

Útiles en zonas pantanosas del país, cuya obra básica tenga excesiva humedad, se podrá emplear la empalizada, sobre la cual se colocarán las capas de afirmado.

La madera se obtendrá de las zonas adyacentes al camino, las mismas que serán fuertes, de una longitud de cuatro a cinco metros de largo y un diámetro de 15 a 20 cm. Se cuantificará y cobrará por m2.



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE



ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE

Geotextil

Este trabajo consiste en la colocación de geotextil de fibras sintéticas sobre la subrasante de una vía, a fin de mejorar su capacidad portante..

La colocación de este geotextil deberá completarse además con la colocación de una capa de material granular adecuada, que proteja al geotextil y permita la circulación vehicular sobre la misma.

Traslapo entre 40 y 100cm (función del CBR), material granular no menos de 30cm de espesor. Se cuantificará y pagará en m2.

Fuente: Especificaciones Técnicas MTOP-2002

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE

Geomalla

Este trabajo consistirá en la colocación de una Geomalla Biaxial de fibra sintética sobre la subrasante de una vía, a fin de mejorar la capacidad portante y estructural del suelo, de acuerdo con los requerimientos del diseño.

La colocación de la geomalla biaxial, se recomienda complementarse además con la colocación de un geotextil, que sirve como separador del suelo y de una capa de material granular adecuado, que proteja a la geomalla y permita la circulación vehicular sobre la misma.

Traslapo entre 40 y 100cm (función del CBR), material granular no menos de 30cm de espesor. Se cuantificará y pagará en m2.



Fuente: Especificaciones Técnicas MTOP-2002

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE

Estabilización con enzimas orgánicas

Emplea el uso de un aditivo estabilizador de suelos que permite:

- Incrementar el valor estructural de suelos,
- Aumenta la impermeabilidad en contra de la acción del agua mejorando valores soporte,
- Acelera la acción cohesiva como ligante de partículas de suelo.
- Se obtienen además altas densidades en suelos debido a la acción cohesiva.



Fuente: Especificaciones Técnicas MTOP-2002

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE

Estabilización con enzimas orgánicas

El aditivo estabilizador de suelos es un producto orgánico enzimático líquido o en polvo, no contaminante, libre de substancias nocivas al entorno ambiental, de olor agradable y fácil manejo.

El ingrediente más importante en la formación del estabilizador de suelos son enzimas. Las enzimas son compuestos orgánicos naturales similares a las proteínas que actúan como catalizadores de partículas de suelos.



Fuente: Especificaciones Técnicas MTOP-2002

ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE

Estabilización con otros químicos

Por lo general consiste en estabilizar la subrasante mediante el uso de químico más aditivo estabilizar que incremente el valor soporte, impermeabilidad.

El químico más el aditivo debe ser un producto no contaminante, libre de substancias nocivas al ambiente.

Control de laboratorio será necesario:

- Valor de soporte CBR
- Limites de Atterberg
- Tramo de prueba dentro el proyecto de 200 a 500m

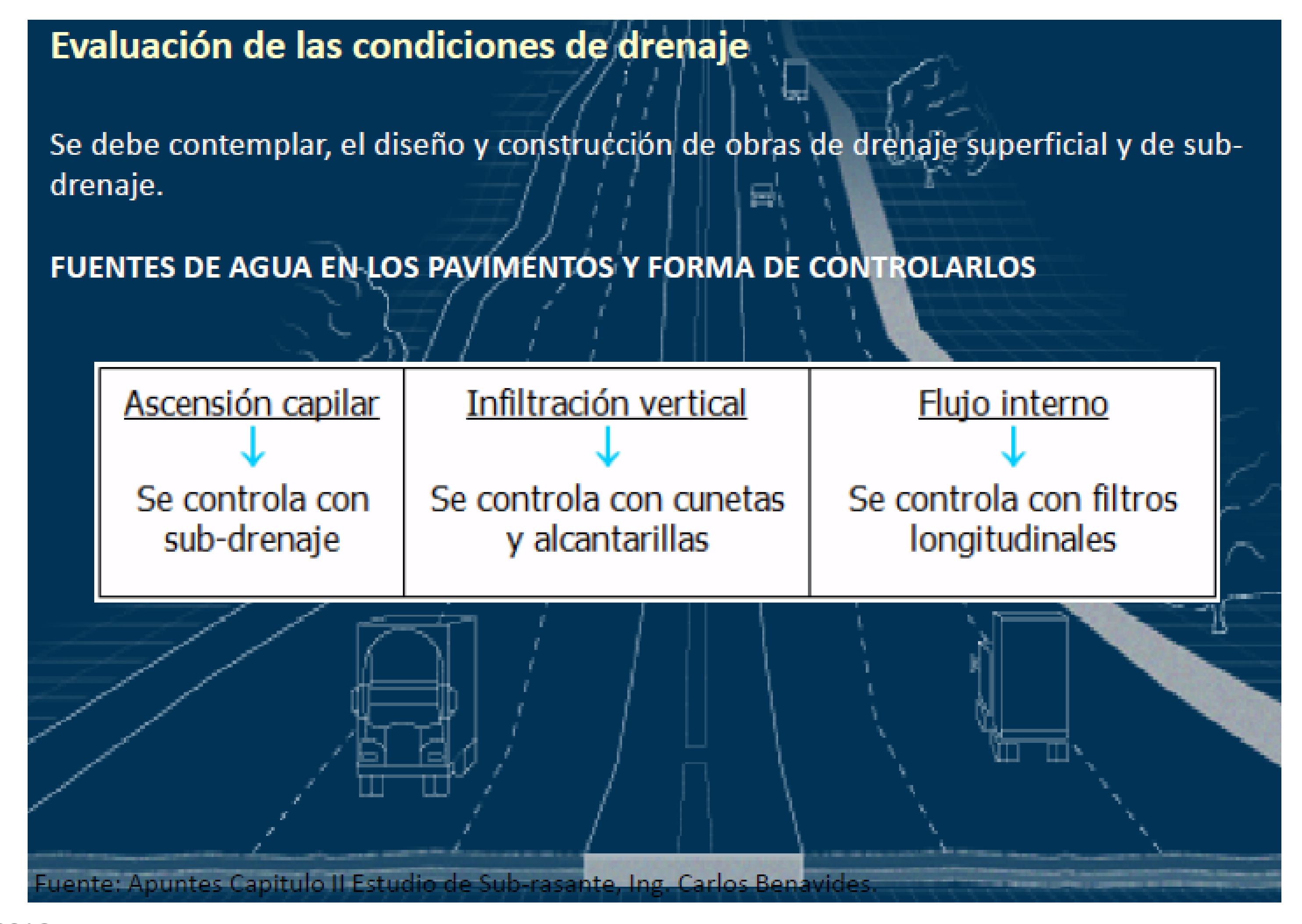
Sino cumple con alguno de estos parámetros la Fiscalización del proyecto rechazará el producto. Se cuantificará y cobrará por m3 de capa de suelo estabilizado químicamente o por litro de químico más aditivo.

Fuente: Especificaciones Técnicas MTOP-2002

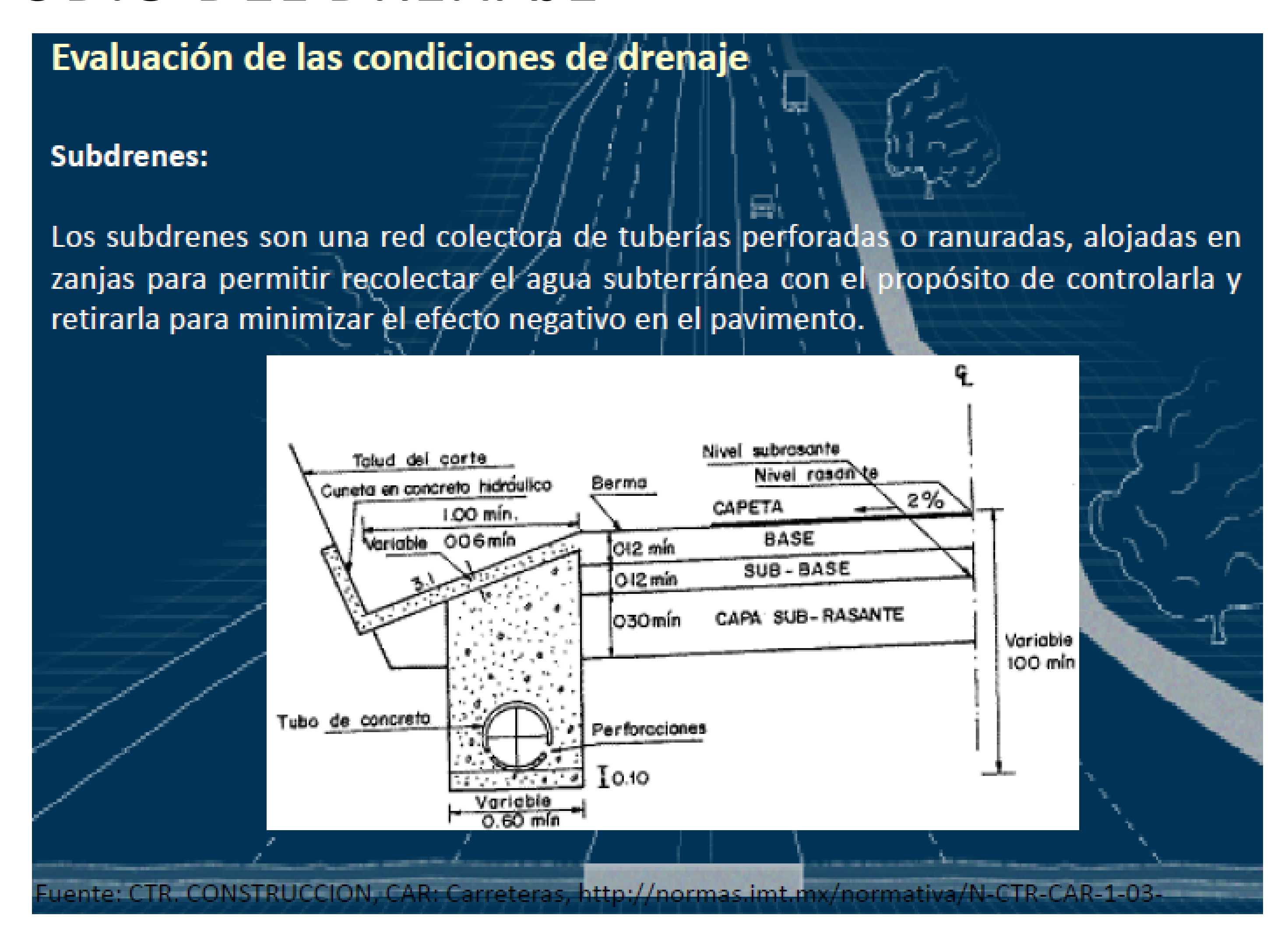
ESTUDIO DEL DRENAJE



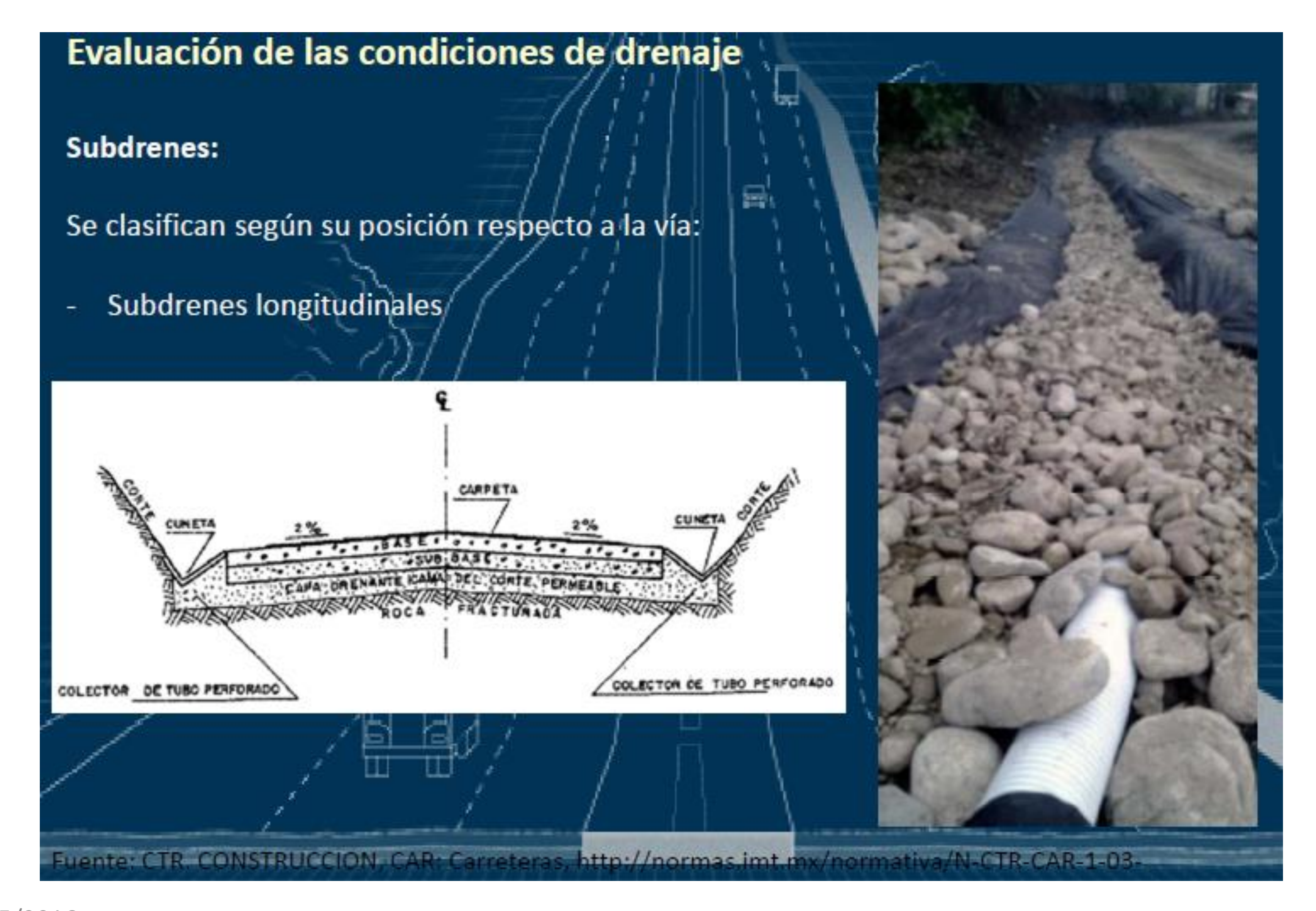
ESTUDIO DEL DRENAJE



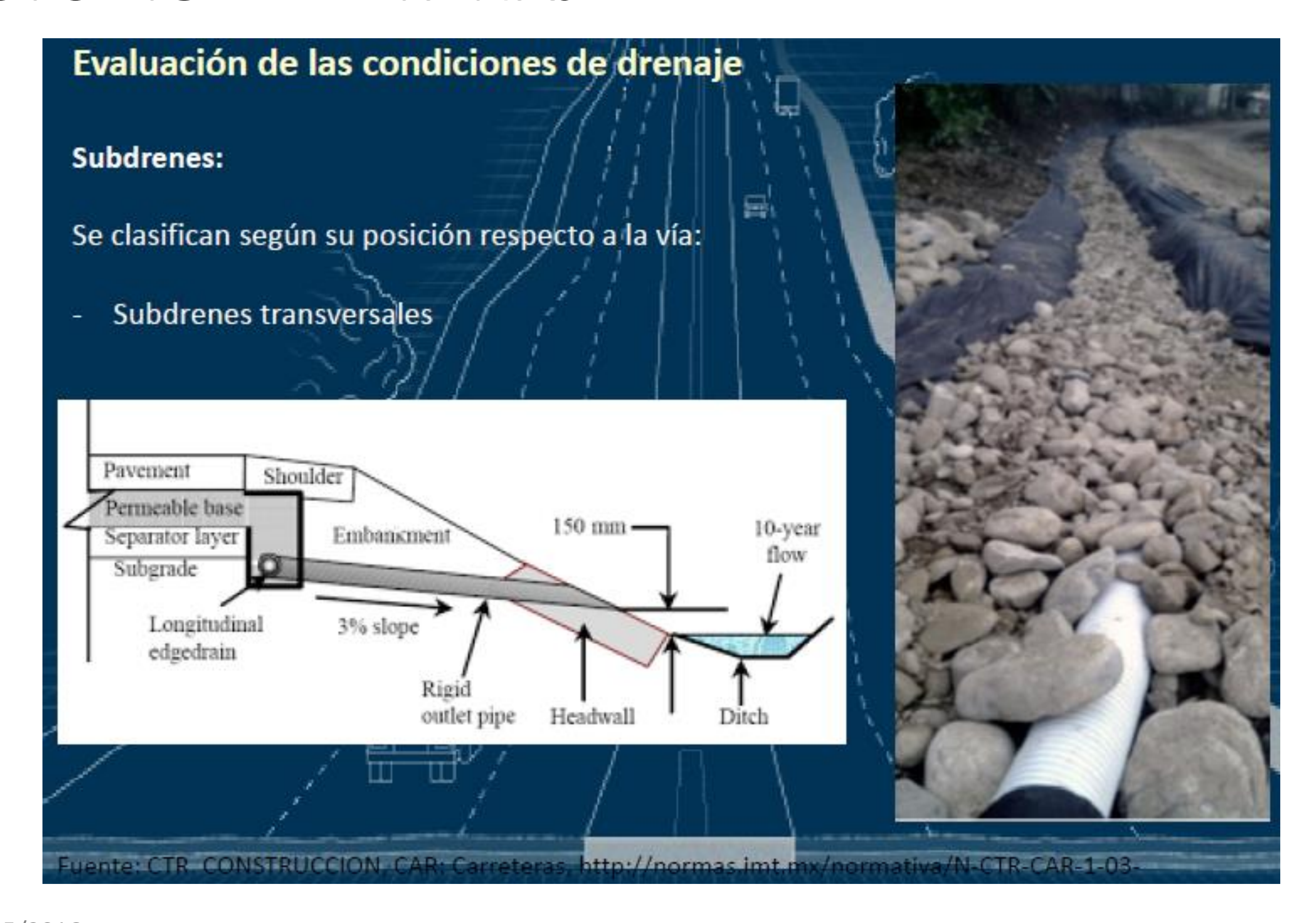
ESTUDIO DEL DRENAJE



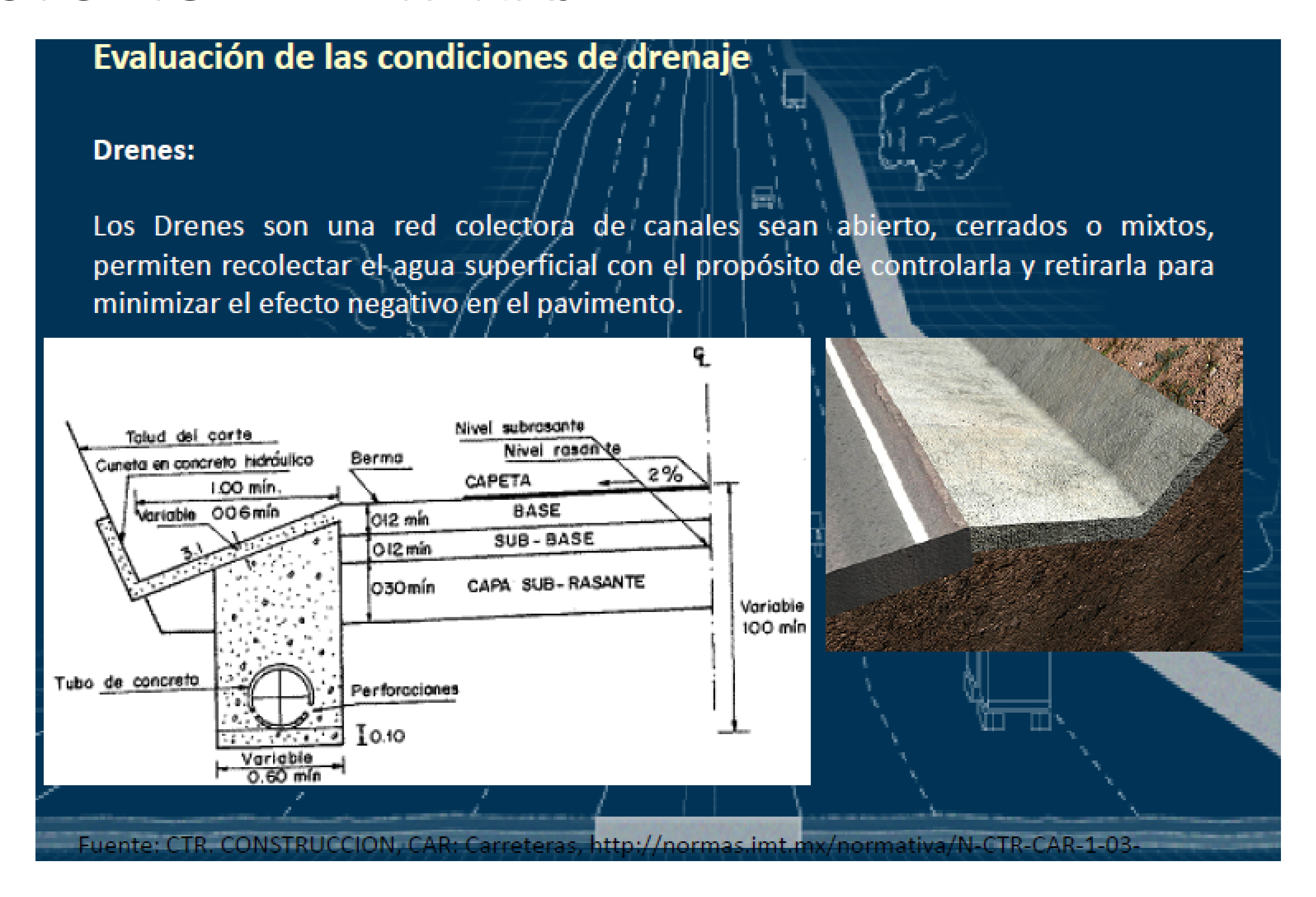
ESTUDIO DEL DRENAJE



ESTUDIO DEL DRENAJE



ESTUDIO DEL DRENAJE



ESTUDIO DEL DRENAJE



ESTUDIO DEL DRENAJE



ESTUDIO DEL DRENAJE



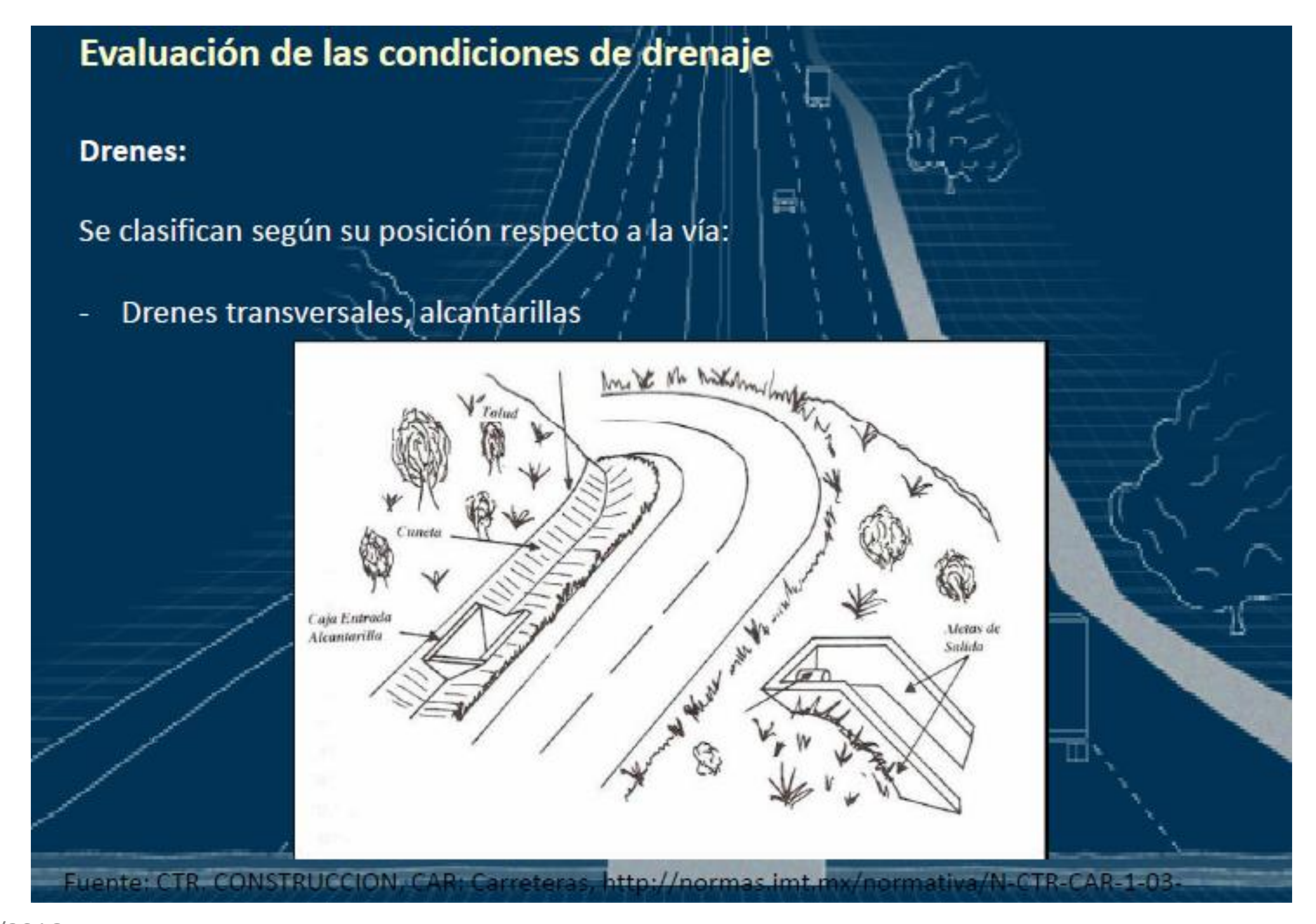
ESTUDIO DEL DRENAJE



ESTUDIO DEL DRENAJE



ESTUDIO DEL DRENAJE



ESTUDIO DEL DRENAJE



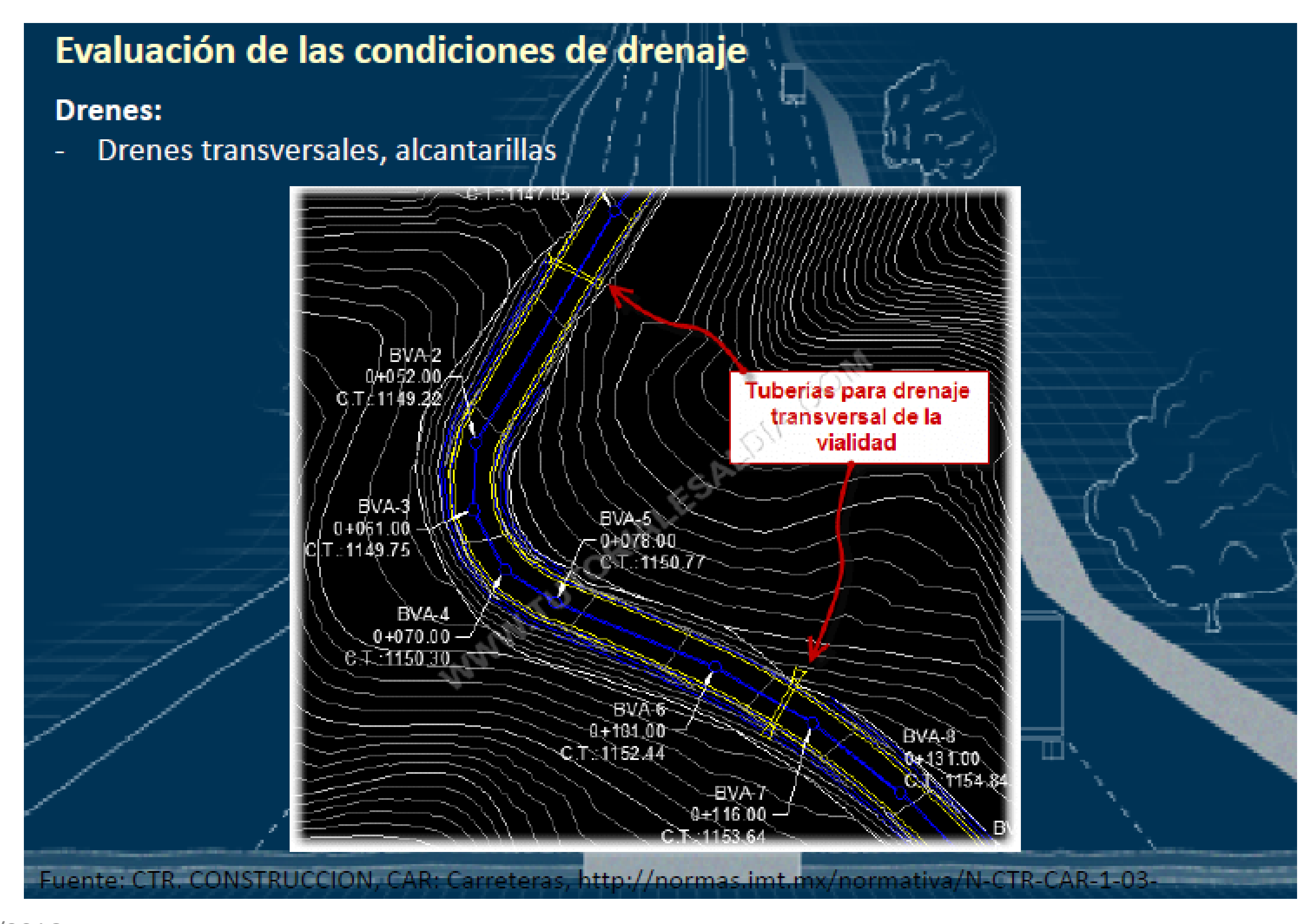
ESTUDIO DEL DRENAJE



ESTUDIO DEL DRENAJE



ESTUDIO DEL DRENAJE



ESTUDIO DEL DRENAJE

